

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інженерно-фізичний факультет

Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Ямшинський М.М.

« ____ » _____ 2018 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 136 Металургія

на тему: «Ливарний комплекс підприємства з виготовлення художньої і ювелірної продукції з розробленням технології виготовлення виливків»

Виконав: студент VI курсу,
гр ФЛ72-мп

ЦокотаЄвгеній Валерійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник

к.т.н, доцент Гурія І.М.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант з охорони
праці та безпеки в назвичайних с
ситуаціях

к.т.н, доцент Зацарний В.В.
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант
з економічної частини

к.е.н, доцент Глущенко Я.І.
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант
з нормоконтролю

к.т.н, доцент Федоров Г.Є.
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____

Київ – 2018 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-фізичний факультет

Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів
Рівень вищої освіти – другий (магістерський)
Спеціальність – 168 Металургія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Ямшинський М.М.

«__» _____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Цокоті Євгенію Валерійовичу

1. Тема дисертації «Ливарний комплекс з виготовлення художньої і ювелірної продукції з розробленням технології виготовлення виливків», науковий керівник дисертації Гурія І.М., к.т.н., доцент, затверджені наказом по університету від «09» 11 _____ 2018 р. № 4127-с
2. Термін подання студентом дисертації 14 грудня 2018 р.
3. Об'єкт дослідження: Художній та ювелірний виріб.
4. Вихідні дані: результати проходження переддипломної практики
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: 1 Проаналізувати виробничу програму; 2. Режими роботи та фонди часу; 3 Спроекувати виробничі відділення; 4 Описати допоміжні відділення та служби цеху; 5 Опрацювати енергетичну частину; 6 Розробити технологічний процес виготовлення художнього та ювелірного виробів; 7 Розробити бізнес модель стартапу; 8 Опрацювати розділ організаційно-економічної частини; 9 Опрацювати розділ із охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.
6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: Презентація _____ слайдів

7. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Організаційно-економічна частина	к.е.н Глущенко Я.І.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	к.т.н доцент Зацарний В.В.		
Нормоконтроль	к.т.н доцент Федоров Г.Є.		

8. Дата видачі завдання: 03 вересня 2018 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Вибір теми МД і подання заяви на кафедру	05.09.18	
2	Пошук літератури за темою дисертації	10.09.18	
3	Проектування 3d-моделей виробів	10.09.18	
4	Розроблення технології виготовлення виливків	20.09.18	
5	Виготовлення виробів	30.11.18	
6	Оформлення пояснювальної записки	01.12.18	
7	Подання завершеної МДР науковому керівнику	14.12.18	
8	Розгляд МДР науковим керівником	14.12.18	
9	Захист МДР	18.12.18	

Студент

Науковий керівник дисертації

(підпис)

(підпис)

Цокота Є.В.

Гурія І.М.

РЕФЕРАТ

Студента ІФФ, 6 курсу,
Цокоти Євгенія Валерійовича

Магістерська дисертація: 117 стор., 32 табл., 50 рис., 4 додатки, 21 посилання.

Об'єкт проектування – ливарний комплекс підприємства з виготовлення художньої і ювелірної продукції з розробленням

тривимірного моделювання та прототипування. технології литих виробів.

Предмет проектування – розроблення технологічного процесу виготовлення виливків, організація виробничих відділень ливарного комплексу та впровадження адитивних технологій.

Результати проектування – розроблення технології виготовлення художньої статуетки та ювелірного кільця із організацією виробничих процесів лиття за моделями, що витоплюються у ливарній індукційній машині при використанні гіпсо-кристобалітних сумішей та технологій тривимірного моделювання та прототипування.

Результати проектування можуть бути рекомендовані при виготовленні дрібних художніх виливків із сплавів на основі кольорових металів декоративного призначення та при виготовленні ювелірних виробів в умовах дрібного і серійного виробництва.

У магістерській дисертації проведено розрахунки з організаційно-економічної частини та приведено основні заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайній ситуації із забезпеченням належних умов праці.

ХУДОЖНЄ ЛИТТЯ, ЮВЕЛІРНА ПРОДУКЦІЯ, КОШТОВНІ МЕТАЛИ,
ІНДУКЦІЙНА ЛИВАРНА МАШИНА, АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ГІПСО-КРИСТОБАЛІТНІ СУМІШІ, 3D-МОДЕЛЮВАННЯ.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ			
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконав	Цокота Є.В.				РЕФЕРАТ	Лит.	Лист	Листів
Перевірів	Гурія І.М.							
Н. Контр.						ІФФ, 6 курс		
Затвердив								

ABSTRACT

Student IFF, Tsokota Yevheniy

Master's disertation: 117 pages, 32 tables, 50 figures, 4 applications.

The object of designing - the foundry complex of the enterprise for the production of artistic and jewelry products with the development of technology of cast product.

The subject of designing – the development of the process of manufacturing castings, the organization of production departments of the foundry complex and the introduction of additive technologies.

The results of designing are the development of the technology of making artistic statuettes and jewelry rings with the organization of production processes of molding on models that are melting in a foundry induction machine using hypochondria mixes and three-dimensional modeling and prototyping technologies.

Design results can be recommended in the manufacture of small artistic castings at manufacturing of alloys based on non-ferrous metals of decorative purpose and in the manufacture of jewelry in small and serial production.

In the master's disertation, calculations from the organizational and economic part were carried out and the main measures on occupational safety and security in an emergency with the provision of appropriate working conditions were given.

ART CASTING, JEWELRY PRODUCTS, PRECIOUS METALS, INDUCTION CASTING MACHINE, ADDITIVE TECHNOLOGIES, GYPSUM-CRISTOBALITE MIXTURES, 3D-MODELING.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ						
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Виконав		Цокота Є.В.			ABSTRACT				Лист.	Лист	Листів
Перевірів		Гурія І.М.									
Н. Контр.									ІФФ, 6 курс		
Затвердив											

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ТЕП – техніко-економічні показники

ГОСТ – одна із основних категорій міждержавного стандарту в СНД

ДБН – державні будівельні норми України

лм – люмени

ЗВВ – зворот власного виробництва

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ					
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						
Виконав	Цокота Є.В.				ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ ТА СКОРОЧЕНЬ			Лит.	Лист	Листів
Перевірів	Гурія І.М.									
								ІФФ, 6 курс		
Н. Контр.										
Затвердив										

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА ЗАВДАННЯ НА ПРОЕКТУВАННЯ ЛИВАРНОГО КОМПЛЕКСУ ПІДПРИЄМСТВА

Основним завданням є спроектування ливарного комплексу з виготовлення художньо-ювелірної продукції з розробленням технології виливків на підставі наступних вимог:

- підприємство повинно забезпечувати випуск 300 кг виливків із дорогоцінних металів та 700 кг дрібного художнього лиття за рік;
- при проектуванні використовувати номенклатуру виливків, яку наведено в таблиці 1.1;
- при проектуванні опиратися на сучасне устаткування і використовувати адитивні технології;
- місце розташування ливарного комплексу, що проектується – м. Київ;
- основні джерела забезпечення надійної роботи ливарного цеху:
 - 1) банківські коштовні метали, очищений ЗВВ, закордонні постачальники лігатур;
 - 2) формувальні матеріали: фірми постачальники готових формомас для лиття ювелірно-сувенірної продукції;
 - 3) матеріали для силіконових прес-форм – Elastoform;
 - 4) вода – Київ водоканал;
 - 5) електроенергія – Київенерго;
 - 6) тепло та газ – Київенерго.
- для очищення та скидання стічних вод використовувати замкнену систему водоочищення і загальну міську каналізацію.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ						
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА ЗАВДАННЯ НА ПРОЕКТУВАННЯ ЛИВАРНОГО КОМПЛЕКСУ ПІДПРИЄМСТВА				Лит.	Лист	Листів
Виконав	Цокота Є.В.										
Перевірів	Гурія І.М.										
									ІФФ, 6 курс		
Н. Контр.											
Затвердив											

ЗМІСТ

ВСТУП.....	Ошибка! Закладка не определена.
1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ.....	8
1.1 Виробнича програма.....	8
1.2 Характеристика виробництва та структура ливарного комплексу.....	14
2. РЕЖИМ РОБОТИ ТА ФОНДИ ЧАСУ	18
3. ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБНИЧИХ ВІДДІЛЕНЬ.....	20
3.1 Відділення воскових моделей з дільницею прототипування	20
3.2 Формувально-заливально-вибивальне відділення.....	25
3.3 Технологія формотворення	28
3.3.1 Сплави для художнього та ювелірного лиття	30
3.5 Відділення фінішних операцій	40
4. ДОПОМІЖНІ ВІДДІЛЕННЯ ТА СЛУЖБИ.....	47
4.1 Технічний контроль продукції.....	47
4.2 Види дефектів та кількість браку	49
4.2.1 Дефекти при нанесенні гальванічних покриттів	51
4.3 Складське господарство	52
4.4 Службово-адміністративні приміщення.....	52
4.5 Відділ механіка та енергетика цеху	53
4.6 Застосування ЕОМ та САПР для технологічних процесів	53
4.7 Управління та організація виробництва	55
5 ЕНЕРГЕТИЧНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ	56
6. РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ	59
6.1 Розроблення технологічного процесу виготовлення художнього виробу.....	59
6.1.1 Загальна характеристика художнього виробу.....	59
6.1.2 3D-модельовання художнього виробу.....	61

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ			
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконав	Цокота Є.В.				ЗМІСТ		Лит.	Лист
Перевірів	Гурія І.М.							Листів
Н. Контр.							ІФФ, 6 курс	
Затвердив								

6.1.3. Прототипування 3D-моделей.....	62
6.1.4. Постоброблення 3D-прототипів художнього виробу	64
6.1.5. Виготовлення силіконових форм	64
6.1.6 Вибір параметрів елементів ливникової системи.....	65
6.1.7. Виготовлення воскових моделей художнього виробу	65
6.1.8 Виготовлення ливарних форм	67
6.1.9 Плавлення та заливання форм	68
6.1.10 Фінішне оброблення	69
6.2 Розроблення технологічного процесу виготовлення ювелірного виробу	70
6.2.1 Загальна характеристика ювелірного виробу	70
6.2.2 Моделювання кільця.....	71
6.2.3 Виготовлення воскової моделі.....	72
6.2.4 Плавлення та лиття металу	72
6.2.5 Фінішні операції.....	73
7. РОЗРОБЛЕННЯ БІЗНЕС-МОДЕЛІ	74
7.1 Опис ідеї проекту	74
7.2 Бізнес-модель.....	74
7.2.1 Продукт	74
7.2.2 Сегмент споживачів.....	74
7.2.3 Канали збуту	74
7.2.4 Взаємодія із споживачам	75
7.2.5 Прибуток (монетизація)	75
7.2.6 Ключові види діяльності	75
7.2.7 Ключові ресурси.....	76
7.2.8 Ключові партнери	76
7.2.9 Витрати.....	76
7.3 Споживчі властивості товару.....	76
7.4 Маркетингова стратегія просування	77
7.5 Елементи фінансового плану.....	77
7.5.1 Опис бізнес-проекту	77
7.5.2 Опис товару	77

7.5.3 Фінансовий план	77
7.5.4 Резюме	78
8. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	80
8.1 Визначення капітальних вкладень	80
8.2 Визначення чисельності працівників та витрат на з/п	83
8.3 Визначення загальновиробничих витрат плавильно-заливально- вибивального відділення	85
8.4 Розрахунок продуктивності праці	88
8.5 Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення .	88
8.6 Кошторис витрат виготовлення виробу	91
9. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	94
9.1 Розташування підприємства	94
9.2 Проходи.....	95
9.3 Санітарно-побутові приміщення	96
9.4 Медпункт	96
9.5 Приміщення громадського харчування	96
9.6 Вентиляція	96
9.7 Виробниче освітлення	98
9.8 Електробезпека.....	101
9.9 Шум та вібрація.....	102
9.10 Надзвичайні ситуації	102
9.11 Пожежна безпека.....	104
9.12 Вимоги безпеки для ливарника при НС	105
9.13 План евакуації	106
ВИСНОВКИ.....	107
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	108
ДОДАТКИ.....	111

ВСТУП

Художні та ювелірні вироби завжди вражають своєю витонченістю, дочністю форм та досконалістю. Технологічні процеси виготовлення дрібних художніх та ювелірних виробів є дуже схожими. Поява нових матеріалів та ливарного устаткування дозволяє полегшити труд ювелірів-ливарників і інших майстрів, прискорити процес виготовлення виробів, підвищити їх якість та значно зменшити брак литва.

За технікою виготовлення виливки із дорогоцінних металів мало чим відрізняються від виливків інших металів, особливістю цієї техніки являється дотримання високої точності відтворення моделі, крім того, особливий догляд за збереження дрібних частинок металу. Отримують ювелірні вироби такими способами, як лиття, штампування, прокатування та волочіння

Все більшу популярність набирає проектування 3D-моделей виробів та застосування різних технологій прототипування.

У даній дисертації описуються технологічні процеси та власне виготовлення художнього та ювелірного виробів за відпрацьованою технологією при використанні нових матеріалів.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ			
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконав	Цокота Є.В.				ВСТУП	Лит.	Лист	Листів
Перевірів	Гурія І.М.							
Н. Контр.						ІФФ, 6 курс		
Затвердив								

1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ

1.1 Виробнича програма

Основним документом на якому базується проектування виробництва у ливарному цеху є складена точна (подетальна) виробнича програма, яка містить у собі всі необхідні дані щодо виробів, такі як найменування деталі, її марка, маса, річний випуск тощо, та дає загальне уявлення про характер виробництва.

Номенклатура виливків, яку наведено в табл. 1.1, розділена за видами сплавів на дві групи:

- для ювелірних виливків на основі коштовних металів з масою виливків до 30 г (сплави марок ЗлСрМ та СрМ);
- друга група для сувенірних та художніх виливків на основі кольорових металів масою від 5 г до 2000 г (БрКМц та ЛЦ16К4).

Кількість виробів на рік розраховуємо на основі сумарних даних за масою литва з номенклатури ливарного цеху (табл. 1.1), яка складає: для сплавів на основі коштовних металів – 300 кг та на основі кольорових металів – 680 кг.

Розрахунок кількості виробів на рік ведемо за формулою:

$$N = G_p / \sum m_v, \quad (1.1)$$

де N – кількість виробів на рік, шт;

G_p – потужність цеху, кг;

$\sum m_v$ – сумарна маса виливків, кг.

Підставивши значення у формулу (1.1), отримаємо:

- для виливків на основі коштовних металів: $N = 300 / 0,1727 = 1737$ шт;
- для виливків на основі кольорових металів: $N = 680 / 30,64 = 22$ шт.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ					
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						
Виконав	Цокота Є.В.				АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ			Лит.	Лист	Листів
Перевірює	Гурія І.М.									
								ІФФ, 6 курс		
Н. Контр.										
Затвердив										

Таблиця 1.1 – Номенклатура виливків підприємства

Інд. поз.	Найменування виробу	Марка сплаву	Маса виливка, кг	Кількість деталей на виріб, шт
1	2	3	4	5
Сплави на основі кольорових металів				
1	Статуетка «Орел»	БрКМц	0,9	1
2	Статуетка «Собака-боксер»	БрКМц	0,25	1
3	Статуетка «Скотчтерьер»	БрКМц	0,15	1
4	Статуетка «Слон»	БрКМц	1,3	1
5	Статуетка «Кінь»	БрКМц	1,1	1
6	Статуетка «Бабка»	ЛЦ16К4	0,1	1
7	Статуетка «Моя Сім'я»	ЛЦ16К4	0,06	3
8	Статуетка «Рукопотискання»	ЛЦ16К4	1,0	1
9	Статуетка «Боксер»	БрКМц	0,9	1
10	Статуетка «Борці»	БрКМц	0,7	1
11	Статуетка «Тайський бокс»	ЛЦ16К4	0,7	1
12	Статуетка «Мислитель»	БрКМц	1,1	1
13	Шахи «Пожежні»	БрКМц	0,15	32
14	Шахи «Титани»	ЛЦ16К4	0,12	32
15	Коллар із тризубом	ЛЦ16К4	0,02	23
16	Коллар «НОК»	ЛЦ16К4	0,02	24
17	Значок «прикордонник»	ЛЦ16К4	0,02	1
18	Значок «ДПС»	ЛЦ16К4	0,02	1
19	Медаль «Володимир»	ЛЦ16К4	0,04	1
20	Статуетка «Арістотель»	БрКМц	1,5	1
21	Статуетка «Вічна вівчарка»	БрКМц	0,4	1
22	Статуетка «Королева»	БрКМц	0,6	1
23	Настільний набір «Архангел»	БрКМц	0,85	1
24	Статуетка «Гольфіст»	ЛЦ16К4	0,8	1
25	Статуетка «Бандурист»	БрКМц	0,45	1
26	Статуетка «Козак Мамай»	БрКМц	1,4	1
27	Статуетка «Дискобол»	БрКМц	1,2	1
28	Статуетка «Фігуристка»	БрКМц	0,8	1
29	Статуетка «Сталевар»	БрКМц	0,85	1
30	Статуетка «Ярослав Мудрий»	БрКМц	1,3	1
Всього:			30,64	
Сплави на основі кошовних металів				
31	Дамонік	СрМ925	0,005	1
32	Ручне 1	СрМ925	0,0023	1
33	Ручне 2	СрМ925	0,0017	1
34	Бахрома	СрМ925	0,0021	1
35	Лаконіка	СрМ925	0,0023	1

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	5	6
36	Трикельт	СрМ925	0,0022	1
37	Справжня дружба	СрМ925	0,0082	1
38	Надія	СрМ925	0,004	1
39	Плавна течія	СрМ925	0,0052	1
40	Проза	СрМ925	0,0035	1
41	Талісман	СрМ925	0,0076	1
42	Оріон	СрМ925	0,0077	1
43	Аполлон	СрМ925	0,0044	1
44	Печатка	СрМ925	0,0063	1
45	Кавове зерно 2	СрМ925	0,0051	1
46	Laurus nobilis	СрМ925	0,003	1
47	Галинка	СрМ925	0,0055	1
48	Передчуття тепла	СрМ925	0,0082	1
49	Кіммерія	СрМ925	0,0057	1
50	Віфлеєм	СрМ925	0,0223	1
51	Фенікс	СрМ925	0,011	1
52	Вінтаж	СрМ925	0,0074	1
53	Сангрія	СрМ925	0,0042	1
54	Намасте	СрМ925	0,0055	1
55	Аркадія	СрМ925	0,0048	1
56	Росток	СрМ925	0,0053	1
57	Шанті 2	СрМ925	0,0112	1
58	Дабл Форбісмарк	ЗлСрМ 585	0,0055	1
59	Венеція	ЗлСрМ 585	0,0065	1
60	Печатка	ЗлСрМ 585	0,0049	1
Всього:			0,1727	

Точну подетальну програму виробництва занесено до табл. 1.2.

Изм.	
Лист	
№ докум.	
Подпись	
Дата	
ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	
Лист	

Таблиця 1.2 – Точна (подетальна) виробнича програма виготовлення художніх виробів

Інд. поз.	Найменування виробу	Марка спла-ву/шифр виробу	Маса, кг		Кількість на виріб		Річна програма випуску виливків						
			готової деталі	виливка	шт	кг	на основні вироби		на запасні частини			всього	
							шт	кг	%	шт	кг (г)	шт	кг (г)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Сплави на основі кольорових металів													
1	Статуетка “Орел”	БрКМц	0,9	0,9	1	0,9	20	18	10	2	1,8	22	19,8
2	Ст. “Собака-боксер”	БрКМц	0,25	0,25	1	0,25	20	5	10	2	0,5	22	5,5
3	Ст. “Скотчтерьер”	БрКМц	0,15	0,15	1	0,15	20	3	10	2	0,3	22	3,3
4	Ст. “Слон”	БрКМц	1,3	1,3	1	1,3	10	13	10	1	1,3	11	14,3
5	Ст. “Кінь”	БрКМц	1,1	1,1	1	1,1	20	22	10	2	2,2	22	24,2
6	Ст. “Бабка”	ЛЦ16К4	0,1	0,1	1	0,1	50	5	10	5	0,5	55	5,5
7	Ст. “Моя Сім’я”	ЛЦ16К4	0,06	0,06	1	0,06	200	12	10	20	1,2	220	13,2
8	Ст. “Рукопотискання”	ЛЦ16К4	1	1	1	1	20	20	10	2	2	22	22
9	Ст. “Боксер	БрКМц	0,9	0,9	1	0,9	15	13,5	10	1,5	1,35	16,5	14,85
10	Статуетка “Борці”	БрКМц	0,7	0,7	1	0,7	20	14	10	2	1,4	22	15,4
11	Ст. “Тайський бокс”	ЛЦ16К4	0,7	0,7	1	0,7	20	14	10	2	1,4	22	15,4
12	Ст. “Мислитель”	БрКМц	1,1	1,1	1	1,1	20	22	10	2	2,2	22	24,2
13	Шахи “Пожежні”	БрКМц	0,15	0,15	32	4,8	20	96	10	2	9,6	22	105,6
14	Шахи “Титани”	ЛЦ16К4	0,12	0,12	32	3,84	20	76,8	10	2	7,68	22	84,48
15	Коллар	ЛЦ16К4	0,12	0,12	23	2,76	20	55,2	10	2	5,52	22	60,72
16	Коллар “НОК”	ЛЦ16К4	0,02	0,02	24	0,48	15	7,2	10	1,5	0,72	16,5	7,92
17	З-к “прикордонник”	ЛЦ16К4	0,02	0,02	1	0,02	800	16	10	80	1,6	880	17,6
18	Значок “ДПС”	ЛЦ16К4	0,02	0,02	1	0,02	1000	20	10	100	2	1100	22
19	Медаль “Володимир”	ЛЦ16К4	0,02	0,02	1	0,02	150	3	10	15	0,3	165	3,3
20	Ст. “Арістотель”	БрКМц	0,04	0,04	1	0,04	15	0,6	10	1,5	0,06	16,5	0,66

Изм.	
Лист	
№ докум.	
Подпись	
Дата	
ФЛТ72мп.7205.1110.000 ПЗ	
Лист	

Продовження табл. 1.2

21	Ст. “Вічна вівчарка”	БрКМц	1,7	1,7	1	1,7	15	25,5	10	1,5	2,55	16,5	28,05
22	Ст. “Королева”	БрКМц	0,4	0,4	1	0,4	15	6	10	1,5	0,6	16,5	6,6
23	Наст. наб. “Архангел”	БрКМц	0,6	0,6	1	0,6	15	9	10	1,5	0,9	16,5	9,9
24	Ст. “Гольфіст”	ЛЦ16К4	0,9	0,9	1	0,9	15	13,5	10	1,5	1,35	16,5	14,85
25	Ст. “Бандурист”	БрКМц	0,85	0,85	1	0,85	20	17	10	2	1,7	22	18,7
26	Ст. “Козак Мамай”	БрКМц	1,6	1,6	1	1,6	20	32	10	2	3,2	22	35,2
27	Ст. “Дискобол”	БрКМц	1,3	1,3	1	1,3	20	26	10	2	2,6	22	28,6
28	Ст. “Фігуристка”	БрКМц	0,85	0,85	1	0,85	20	17	10	2	1,7	22	18,7
29	Ст. “Сталевар”	БрКМц	0,9	0,9	1	0,9	20	18	10	2	1,8	22	19,8
30	Ст. “Ярослав Мудрий”	БрКМц	1,3	1,3	1	1,3	15	19,5	10	1,5	1,95	16,5	21,45
Всього:				30,64		30,64		619,8			61,98		681,78
Сплави на основі кошовних металів													
31.	Дамонік	СрМ925	5	5,25	1	5,25	200	1050	10	20	105	220	1155
32	Ручне 1	СрМ925	2,3	2,42	1	2,415	200	483	10	20	48,3	220	531,3
33	Ручне 2	СрМ925	1,7	1,79	1	1,785	200	357	10	20	35,7	220	392,7
34	Бахрома	СрМ925	2,1	2,21	1	2,205	200	441	10	20	44,1	220	485,1
35	Лаконіка	СрМ925	2,3	2,42	1	2,415	200	483	10	20	48,3	220	531,3
36	Трикельт	СрМ925	2,2	2,31	1	2,31	200	462	10	20	46,2	220	508,2
37	Справжня дружба	СрМ925	8,2	8,61	1	8,61	200	1722	10	20	172,2	220	1894
38	Надія	СрМ925	4	4,20	1	4,2	200	840	10	20	84	220	924
39	Плавна течія	СрМ925	5,2	5,46	1	5,46	200	1092	10	20	109,2	220	1201
40	Проза	СрМ925	3,5	3,68	1	3,675	200	735	10	20	73,5	220	808,5
41	Талісман	СрМ925	7,6	7,98	1	7,98	200	1596	10	20	159,6	220	1755
42	Оріон	СрМ925	7,7	8,09	1	8,085	200	1617	10	20	161,7	220	1779
43	Аполлон	СрМ925	4,4	4,62	1	4,62	200	924	10	20	92,4	220	1016
44	Печатка	СрМ925	6,3	6,62	1	6,615	200	1323	10	20	132,3	220	1455
45	Кавове зерно 2	СрМ925	5,1	5,36	1	5,355	200	1071	10	20	107,1	220	1178
46	Laurus nobilis	СрМ925	3	3,15	1	3,15	200	630	10	20	63	220	693
47	Галинка	СрМ925	5,5	5,78	1	5,775	150	866,25	10	15	86,62	165	953

Продовження табл. 1.2

48	Передчуття тепла	СрМ925	8,2	8,61	1	8,61	150	1291,5	10	15	129	165	1420
49	Кіммерія	СрМ925	5,7	5,99	1	5,985	100	598,5	10	10	59,85	110	658,3
50	Віфлеєм	СрМ925	22,3	23,42	1	23,415	100	2341,5	10	10	234	110	2575
51	Фенікс	СрМ925	11	11,55	1	11,55	100	1155	10	10	115,5	110	1270
52	Вінтаж	СрМ925	7,4	7,77	1	7,77	150	1165,5	10	15	116	165	1282
53	Сангрія	СрМ925	4,2	4,41	1	4,41	100	441	10	10	44,1	110	485,1
54	Намасте	СрМ925	5,5	5,78	1	5,775	100	577,5	10	10	57,75	110	635
55	Аркадія	СрМ925	4,8	5,04	1	5,04	100	504	10	10	50,4	110	554,4
56	Росток	СрМ925	5,3	5,57	1	5,565	100	556,5	10	10	55,65	110	612
57	Шанті 2	СрМ925	11	11,76	1	11,76	100	1176	10	10	117,6	110	1294
58	Дабл Форбісмарк	ЗлСрМ 585	5,5	5,78	1	5,775	100	577,5	10	10	57,75	110	635
59	Венеція	ЗлСрМ 585	6,5	6,83	1	6,825	100	682,5	10	10	68,25	110	750
60	Печатка	ЗлСрМ 585	4,9	5,15	1	5,145	100	514,5	10	10	51,45	110	566
Всього:						187,53		27274			2727		30001,1

ФЛ72МП.7205.1110.000 ПЗ

1.2 Характеристика виробництва та структура ливарного комплексу

Потужність цеху – 300 кг виливків на рік із кошових металів та 700 кг виливків із кольорових металів на рік придатного литва.

Ливарний комплекс, що проектується, за потужністю відноситься до цехів серійного виробництва, та призначений для виготовлення дрібних і середніх ювелірних та художніх виробів.

Складність виробів, яка передбачається на підприємстві змінюється від простих до складних за конфігурацією виливків та унікальних, ексклюзивних виробів, під унікальне каміння в залежності від замовлення або потреб та ефективності реалізації певної продукції.

Марки сплавів, які призначені для виготовлення виливків наступні: CrM925, ЗлCrM 585, BrKMц та ЛЦ16К4.

Виробництво повинно забезпечувати достатній рівень “технічної культури”, а саме інноваційний рівень техніки та технологій виробництва, сучасний ступінь механізації та автоматизації виробництва, досконалу якість, точність та естетичне оформлення продукції, а також організацію раціонального управління виробництва з використанням нових автоматичних методів управління [1].

Виходячи із вище наведеного обираємо лиття за моделями, що витоплюються з використанням спеціальних гіпсо-кристалічних сумішей.

Ливарний комплекс художнього і ювелірного лиття необхідно розміщувати у промисловій будівлі, яка задовольняє всім вимогам даного типу виробництва, а саме забезпечувати необхідною площею з дотриманням будівельних норм ливарного виробництва, та наявність електричного живлення і водопостачання.

Ливарний комплекс, що проектується розділяється на відділення та дільниці призначені для виконання всіх ланок технологічного процесу та технологічних операції виготовлення ювелірно-сувенірної продукції.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						14
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Цех ливарного виробництва підрозділяється на наступні структурні підрозділи:

- відділ технологів та керівництва;
- відділення проектувальників та 3D-модельєрів ювелірно-художніх виробів;
- модельне відділення, де виконується тривимірний друк змодельованих моделей із воску, розмивання підтримуючого шару, який залишається після друку, виготовлення елементів ливникової системи та з'єднання її з моделлю, складання блоку моделей, виготовлення прес-форм, інжектування воску та оброблення воскових моделей;
- склад формувальних матеріалів;
- формувально-плавильно-заливальне відділення;
- дільниця фінішних операцій, де виконується механічне оброблення виливків, збирання (монтування виробів), закріплення вставок та декоративне оброблення;
- дільниця термічного оброблення;
- дільниця пластичної деформації;
- емальєрна дільниця;
- відділення гальваніки;
- відділ контролю якості продукції;
- склад готової продукції або сейфове приміщення;
- службові та побутові приміщення.

Устаткування та його призначення у ливарному цеху наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Устаткування та його призначення у ливарному цеху

Устаткування	Призначення
1	2
Індукційна ливарна машина INDUTHERM VC-500 LCD	Здійснення плавлення та лиття під тиском із вакуумом
3D-принтер Formlabs Form 2	Адитивне нарощування воскових моделей для ювелірних виробів

1	2
3D-принтер Perfactory desktop XL plus	Адитивне нарощування полімерних моделей для наступного випалювання або для майстер-моделі
Муфельна піч ЧОЛ 64/1600	Прожарювання ливарних форм та витоплення воску
Муфельна піч для емалі "МИТЕРМ-8", $T_{\max} - 900^{\circ}\text{C}$	Прожарювання емалі на виробках та прожарювання опок
Парова мийка Elma ES 3000	Очищення деталей паром
Вібро-вакуумний стіл d-230	Вакуумування опоки із формо-масою із додаванням вібрації
Гальванічна установка PANDORA RUGBY	Гальванічне електролітичне покриття металів, патинування, електрохімічне очищення, електрохімічне полірування
Вулканізатор напівавтоматичний P 300 Pilot	Для вулканізації ювелірних гум у прес-формах
Полірувальний верстат РВ 1 (АВАЛОН)	Полірування та шліфування деталей, що вимагають обережного оброблення
Вібро-галтувальна установка AVALON W 8F	Шліфування та полірування виливків вібраційним способом
Соляна ванна CBC	Термічне оброблення деталей
Оптичний профілометр Micro HAM	Вимірювання шорсткості поверхні
Ланцюгов'язальний автомат GEKF (fasti)	Виготовлення ланцюгів типу якорна, права, ліва панцирна, без тарілки для збору ланцюгу із дроту $\varnothing 0,15 \dots 0,4$ мм
Восковий інжектор ARGENTA WW	Інжекування восковок
Гідравлічний прес ПГ10	Операції штампування
Афінажна установка Goldhunter	Очищення та отримання високочистих коштовних металів
Ручні вальці DRM C130 Re	Виготовлення прокатних заготовок – пластин, прутків

Шихтові матеріали необхідної кількості перед плавленням транспортують із складу в плавильне відділення, проводять підготовку шихти та завантажують в ливарну машину. Після виконання лиття залиті форми вибивають, виливки із ливниковою системою переміщують до фінішного відділення, де проводять остаточні технологічні операції для отримання готових, завершених виробів, а також при необхідності наносять захисно-декоративні покриття.

Останнім етапом технологічних операцій є контроль якості продукції на наявність дефектів та перевірки дійсності проби.

Креслення плану цеху із виробничими відділеннями і дільниць зображено на рис. 1.2.

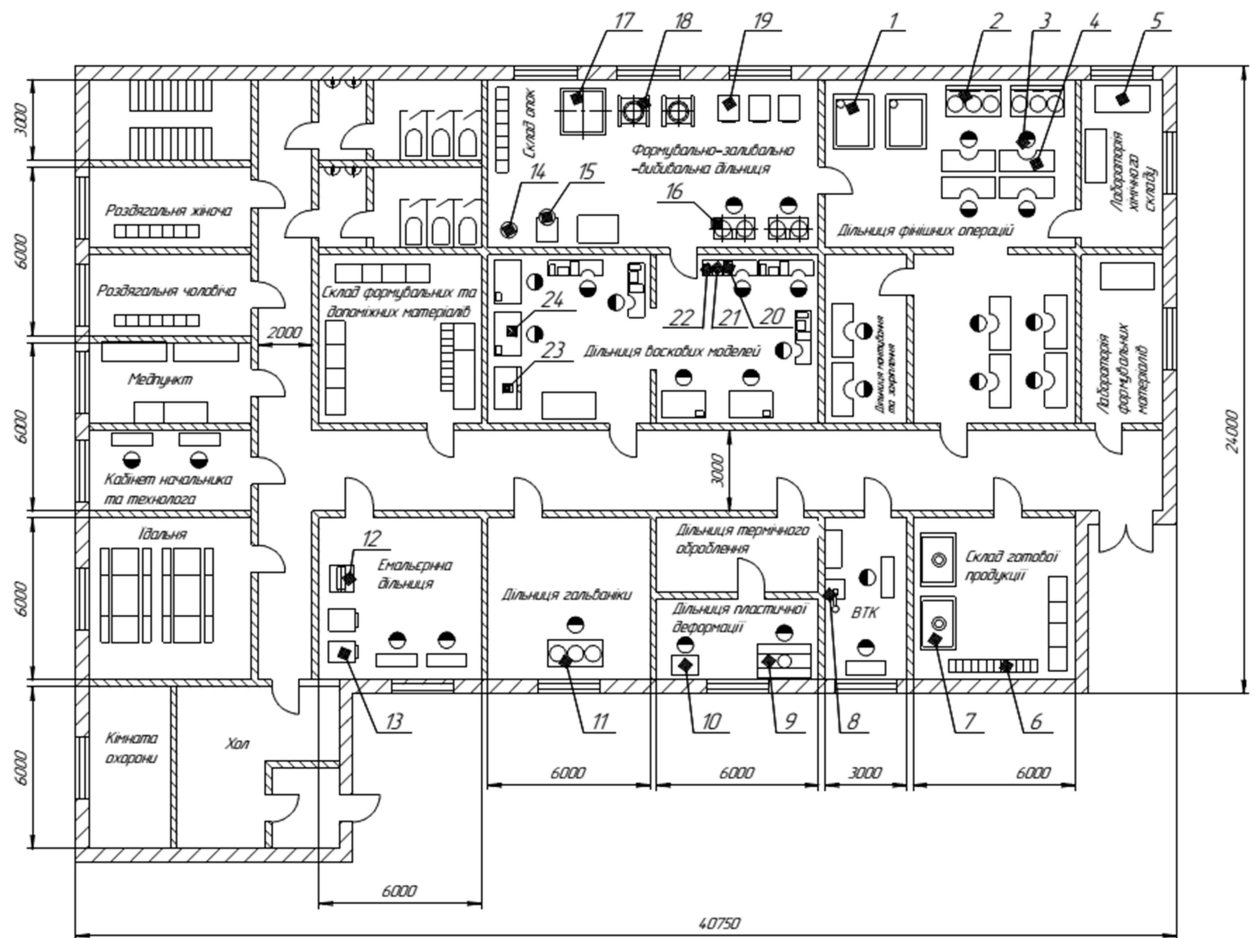


Рисунок 1.2 – План цеху із виробничими відділеннями

Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ

Лист

17

2. РЕЖИМ РОБОТИ ТА ФОНДИ ЧАСУ

Режим роботи ливарного цеху та фонди часу вказують на час, відведений робітникам на виконання певних технологічних операцій, їх робочий графік та кількість годин роботи устаткування.

На підприємстві прийнятий однозмінний режим тривалістю 8 годин враховуючи 1 годину на перерву.

Календарний фонд часу розраховуємо за формулою:

$$\Phi_k = P \cdot D, \quad (2.1)$$

де Φ_k – календарний фонд часу, год;

P – кількість днів на рік;

D – кількість годин у добі.

Підставивши дані у формулу (2.1), отримаємо:

$$\Phi_k = 356 \cdot 24 = 8760 \text{ год.}$$

Номінальний фонд часу, який вказує на час протягом якого виконується робота за встановленим режимом без урахування планових та непередбачуваних втрат, розраховується за формулою:

$$\Phi_n = C \cdot \Gamma, \quad (2.2)$$

де Φ_n – номінальний фонд часу, год;

C – кількість робочих днів у році, з урахуванням святкових та вихідних днів;

Γ – кількість годин за одну зміну.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						18
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно частини 2 статті 6 ЗУ про відпустку промислово-виробничому персоналу металургійної промисловості надається відпустка на 24 дні та збільшення відпустки на 2 дні за кожні відпрацьовані 2 роки, але не більше 28.

Кількість робочих днів на рік становить 250.

Кількість годин за робочу зміну – 8.

Підставивши значення у формулу (2.2), отримаємо:

$$\Phi_n = 250 \cdot 8 = 2000 \text{ год.}$$

Розраховуємо дійсний фонд часу Φ_d враховуючи номінальний фонд часу та втрати на освоєння виробництва, відпустку за формулою:

$$\Phi_d = \Phi_n - B, \quad (2.3)$$

де, Φ_n – номінальний фонд часу, год;

B – втрати на освоєння виробництва, відпустку.

Підставивши значення у формулу (2.3) з урахуванням відпустки 28 днів, тобто 160 годин на рік, отримаємо:

$$\Phi_d = 2000 - 160 = 1840 \text{ год.}$$

Режими роботи та фонди часу приведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Режим роботи та фонди часу відділень підприємства

Інд. поз.	Найменування відділення, дільниці; тип устаткування	Кількість робочих змін за добу	Дійсний річний фонд часу роботи, год.
			устаткування/робітника
1	Відділення воскових моделей	1	1840
2	Формувально-заливально-вибивальне відділення	1	1840
3	Емальєрне відділення	1	1840
4	Відділення штампування	1	1840
5	Відділення гальваніки	1	1840
6	Слюсарне відділення	1	1840
7	Відділення гравєрних робіт	1	1840
8	Відділення технічного контролю	1	1840

3. ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБНИЧИХ ВІДДІЛЕНЬ

3.1 Відділення воскових моделей з дільницею прототипування

В модельному відділенні цеху основними та єдиними матеріалами, що використовують є модельні та інжекційні ювелірні воски. Інші матеріали, які використовуються у виробничому процесі – воскоподібні полімери, технологічні властивості яких схожі із стандартними восковими матеріалами та полімерні порошки спікання на основі поліаміду, полістиролу та поліефірамиду такі як PA 2200/2201, PrimeCast 101, Alumide та ін.

Як формоутворюючі матеріали у виробництві використовують ювелірні модельні гум марки Castaldo, а саме жовту каучукову гуму Castaldo Gold Label та Castaldo White Label, безсадкову рожеву гуму Castaldo U, а для деяких складних за конфігурацією деталей силіконову яскраво-жовту гуму 4X. При необхідності копіювання воскових моделей сувенірних та художніх виливків середніх розмірів найефективнішим є використання пастоподібної двокомпонентної композиції на основі силіконової гуми холодного твердіння (Castaldo quick-sil) [2].

Рекомендації, щодо виготовлення прес-форм наступні [2]:

– Castaldo Gold Label та Castaldo White Label: вулканізація при 153 °C та 7 хв на кожні 3,2 мм. При необхідності можна зменшити температуру до 143 °C, та збільшити час вулканізації вдвічі.

- Castaldo U – вулканізація при 154 °C та 7,5 хв на кожен шар;
- Castaldo 4X – вулканізація при 165...177 °C;
- Castaldo quick-sil.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						20
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

У модельному відділенні враховуючи всі фактори ювелірного виробництва обираємо високоточний принтер тривимірного друку Formlabs Form 2, що вирощує моделі на основі спеціального фотополімеру і дозволяє отримати воскові та полімерні моделі ювелірних та художніх виробів будь-якої складності конфігурації з високою точністю, чіткістю, відмінним опрацюванням дрібних деталей та плавністю поверхонь[3].

На принтері Form 2 (рис. 3.1) використовують таку технологію друку, як стереолітографія (SLA) різними полімерами. Точність принтеру складає 25, 50 та 100 мікрон.



Рисунок 3.1 – 3D-принтер Formlabs Form 2 [3]

Для лиття ювелірних виробів використовується полімер Formlabs Castable Resin, який повністю вигорає без залишку золи [3].

Технічні характеристики принтеру наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики принтеру Formlabs Form 2

Параметр	Значення
Габаритні розміри, мм	350x330x520
Типи матеріалів	фотополімери
Розміри робочої зони, мм	145x145x175
Точність друку, мм	0,025
Технологія друку	SLA
Товщина нитки, мм	1,75
Програмне забезпечення	PreForm

Процес друку на принтері Formlabs Form 2 зображено на рис. 3.2.

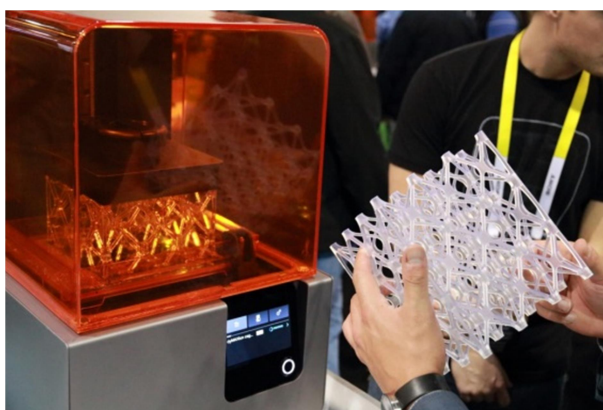


Рисунок 3.2 – Друк на принтері Formlabs Form 2 [3]

Для отримання прототипів більших розмірів, наприклад для художніх моделей, обираємо промисловий 3D-принтер Perfactory Desktop XL Plus (рис. 3.3) фірми EnvisionTEC німецького виробництва, що працює із широким спектром матеріалів для лиття.

На даному принтері застосовується технологія DLP [4].



Рисунок 3.3 – 3D-принтер Perfactory Desktop XL Plus [4]

Технічні характеристики 3D-принтеру наведено в табл. 3.2.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		22

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики 3D-принтеру Perfactory Desktop XL Plus

Параметр	Характеристика
Габаритні розміри, мм	550x450x890
Типи матеріалів	фотополімери
Матеріали	PIC 100, E-Shell 500 Series, AB-Flex, ABS-Flex, Superflex, LS600, E-Shell 200 Series, R5, R5 Gray, WIC 100G, E-Denstone, HTM140, RC31
Розміри робочої зони, мм	100x75x100
Технологія друку	DLP
Роздільність проектору, пікс	1400x1050
Динамічна роздільність по осі Z, мкм	25...150
Формат даних	STL

Для виготовлення воскових моделей за майстер-моделлю передбачено інжектор для воску, вулканізатор, різні інструменти для розрізання прес-форм та її затискання.

Обираємо інжектор ARGENTA, оскільки він надійний та недорогий.

Інжектор складається із зовнішнього баку, в який поміщено плавильну камеру. Вона представляє собою теплоізований, товстостінний алюмінієвий циліндр для розтоплення воску, який обігрівається електричним терморегулюючим нагрівачем.

Зверху циліндр закривається кришкою через гумову прокладку. Надлишковий тиск всередині циліндру створюється подачею стиснутого повітря через штуцер від компресора 0,4..3 МПа. Тиск всередині цидіндру вимірюється та контролюється манометром при відкритті клапану.

Вприскування розплавленого віску в гумову прес-форму виконується через сопло інжектора [5].

Інжектор ARGENTA WW 03 зображено на рис. 3.4.



Рисунок 3.4 – Восковий інжектор ARGENTA WW 03 [5]

Для виготовлення гумових прес-форм ювелірних майстер-моделей передбачені спеціальні вулканізатори гуми. Вулканізатор складається із пресу, двох нагріваючих плит – рухомої та нерухомої, двох направляючих колон та гвинтового механізму (рис. 3.5). Термoeлемент розташований у двох плитах.



Рисунок 3.5 – Вулканізатор SO-33 [6]

Кількість моделей на восковій ялинці залежить від габаритних розмірів моделей та максимальної кількості по висоті опоки. Середня кількість моделей ювелірних виробів при розмірах опоки $\varnothing 150 \times 300$ мм становить 10...100 шт. При виробництві сувенірних виробів невеликих розмірів (статуетки, значки, підвіски) у формі може розміщуватися від одної до 70 моделей.

План відділення воскових моделей зображено на рис. 3.6.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						24
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

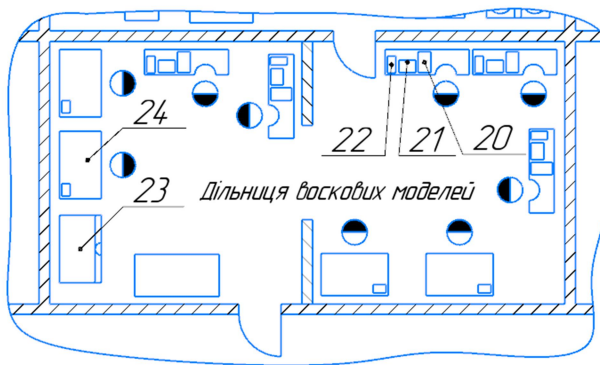


Рисунок 3.6 – План відділення воскових моделей

3.2 Формувально-заливально-вибивальне відділення

У даному відділенні основними видами робіт є отримання суспензії формувальної маси (гіпсо-кристобалітної суміші і води) та готових форм-монолітів для подальшого витоплення воскових моделей і прожарювання. Основним устаткуванням у даному відділенні є індукційна ливарна машина INDUTHERM VC-500 LCD та вібро-вакуумний стіл d-230. У вакуумній установці виконують операції приготування формо-маси у необхідному водно-масовому співвідношенні та заливання її в опоки.

Площа формувально-заливально-вибивального відділення – 72 м².

Технічні характеристики ливарної машини INDUTHERM VC-500 LCD наведені в табл. 3.3 [6].

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики INDUTHERM VC-500 LCD

Параметр	Значення
Габаритні розміри, ДхШхВ, мм	600x820x1450
Потужність генератора, кВт	10
T _{пл.тах} , °C	1600
Надлишковий тиск інертного газу	до 3 бар
Кількість ливарних програм	16
Схема гранулювання	опція
Система синтерування (дифузійне зварювання)	опція
Маса, кг	165
Електроживлення	380 32 А

Особливості ливарної машини INDUTHERM VC-500 LCD [6]:

1. Низькочастотна індукція чудово перемішує розплав;
 2. Плавлення у вакуумі, захисній атмосфері інертного газу, використання надлишкового тиску;
 3. Можливість використання опок без фланцю;
 4. Висока точність лиття;
 5. Машина оптимальна для масового виробництва;
 6. Надійність процесів лиття при збереженні високої якості лиття;
 7. Можливість проведення робіт по грануляції металів (опція).
- Загальний вигляд обраної машини представлено на рис. 3.7.



Рисунок 3.7 – Ливарна машина INDUTHERM VC-500 LCD [6]

Технічні характеристики вібро-вакуумного стола наведено в табл. 3.4 [7].

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики вібро-вакуумного стола d-230

Параметр	Значення
Габаритні розміри, ДхШхВ, мм	60х50х35
Середня швидкість відкачування, л/с	5,7
Обертання роторів, об/хв	500
Об'єм вакуумного насосу (ВМ-4), л	4
Потужність двигуна, Вт	550
Напруга живлення, В	380
Рівень шуму без газобаласту, дБ	72
Маса, кг	62

Вібро-вакуумний стіл d-230 зображено на рис. 3.8.



Рисунок 3.8 – Вібро-вакуумний стіл d-230 [7]

Формувальні суміші для отримання форм-монолітів зазвичай замовляють у мішках ємністю по 22,5 кг у компаній постачальників вже готовими у вигляді порошку, які необхідно тільки змішати з водою для формоутворення.

При роботі формувальну суміш обирають залено від сплаву, що буде заливатися та типом лиття (з камінням чи без).

Дані суміші складаються із вогнетривкої суміші кристобаліту – мінералу вулканічної породи, який отримується нагріванням кремнезему до 1472...1670 °С, гіпсу у вигляді двогідрату гіпсового каменю, двоокису кремнію та різних спеціальних речовин, які сповільнюють тужавіння гіпсу, знижують рівень піно-утворення, окисність сплавів [2].

Формувальні матеріали, що використовують для лиття кольорових та коштовних металів наведені у табл. 3.5 [8].

Таблиця 3.5 – Формувальні матеріали

№	Марка суміші	Технологічні властивості				
		Водо-масове співвідношення	Живучість при 22°C, хв	Час первинного тужавіння, хв	Термічне розширення при 750°C, %	Розширення через 2 год після тужавіння, %
1	2	3	4	5	6	7
1	EVROVEST	100/38 – 100/40	8-9	10-12	0,72	0,43
2	ARTCAST	100/38	8-9	10-12	0,75	0,45
3	GLOBAL	100/38	8-9	10-12	0,73	0,45
4	CLASSIC	100/38 – 100/40	8-9	10-12	0,73	0,45

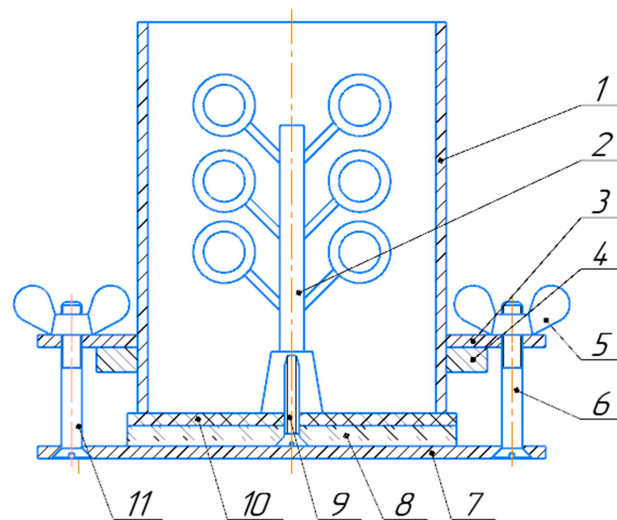
1	2	3	4	5	6	7
5	SILK	38-40	8-9	10-12	0,73	0,65
6	STONECAST	100/38 – 100/40	8-9	10-12	0,73	0,45
8	SHUCAST	40	10-12	15	0,3, при 280°C	–
9	ALCAST	100/115	1,8	2,3	–	–
10	COBRA	45	10	13	0,1	0,38
11	G400®	100/28	8-9	10-12	–	–
12	INDUSTRIAL "A"	100/28	6	8	0,5	0,72

3.3 Технологія формоутворення

Технологія формоутворення включає такі операції:

1. Підготовлення вихідних матеріалів та устаткування;
2. Зважування блоку воскових моделей;
3. Закріплення воскової ялинки на пластинах 8 та 10 гвинтом 9 (рис. 3.9);
4. Закріплення опоки за допомогою шайби 3 та болтів 6, 11 (рис. 3.9);
5. Встановлення опоки із восковою ялинкою на формувальний стіл;
6. Обмотування перфорованої опоки тонким пластиком та еластичним мартеновим бинтом.
7. Підготовлення формувальної суспензії (зважування формувальної суміші, води та їх змішування) та заливання у опоку;
8. Встановлення опоки на вібраційний стіл, закріплення зверху опоки ковпаком із підведеним вакуумним шлангом;
9. Вакуумування опоки на вібро-столі;
10. Тверднення форми на повітрі протягом 15...20 хв;
11. Звільнення опоки від пластикової плівки та підкладної плити;
12. Пров'ялювання форми при кімнатній температурі.
13. Витоплення воскових моделей з форми;
14. Прожарювання форми відразу після витоплення.

Схему закріпленої опоки із восковою ялинкою перед формуванням зображено на рис. 3.9.



1 – опока; 2 – воскова ялинка; 3 – прижимна шайба; 4 – фланець;
5 – гайка-барашка; 6 – гвинт; 7 – опорна плита; 8 – пластина із орг-скла;
9 – гвинт; 10 – гумова прокладка; 11 – гвинт

Рисунок. 3.9 – Схема закріплення опоки

Витрати формувальної суміші для опок $\varnothing 75 \dots 150$ мм в середньому складають 300...800 г.

План формувально-заливально-вибивальної ділянки зображено на рис. 3.10.

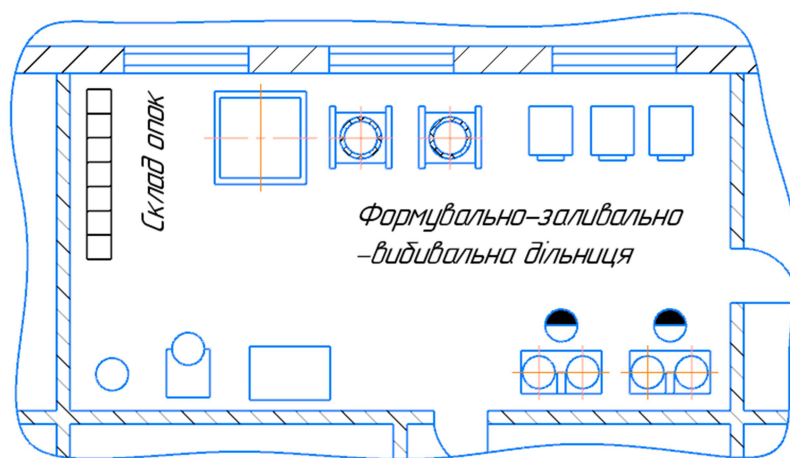


Рисунок 3.10 – План формувально-заливально-вибивальної ділянки

Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ

Лист

29

3.3.1 Сплави для художнього та ювелірного лиття

Для плавильної дільниці, що проектується, плануються наступні марки сплавів: СрМ925, ЗлСрМ585-80, ЗлСрМ585-300, ЗлСрМ750-125, БрОЦС5-5-5, БрКМц3-1, ЛЦ16К4, ОТТGR.

Хімічний склад наведених сплавів занесено до табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Хімічний склад сплавів на основі коштовних металів та на основі міді

Сплав	Au, %	Ag, %	Ni, %	Cu, %	Si, %	Mn, %	Zn, %	Sn, %	Pb, %
СрМ925		92,5		7,5					до 0,004
ЗлСрМ585-80	58,5	8		33,5					
ЗлСрМ585-300	58,5	30		11,5					
ЗлСрМ750-125	75,0	12,5		12,5					
БрОЦС5-5-5				85			5	5	5
БрКМц3-1			до 0,2	94-96,3	2,7-3,5	1-1,5	до 0,5	до 0,25	до 0,03
ЛЦ16К4			до 0,2	78-81	3-4,5	до 0,8	12-19	до 0,3	до 0,5
ОТТGR			до 0,2	74-77	1,5		13	до 0,3	до 0,5

Температури ліквідус та солідуса сплавів на основі коштовних металів та на основі міді, які використовують у ливарному цеху наведені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Температури ліквідус та солідуса сплавів на основі коштовних металів та на основі міді

Сплав	t _{лікв.} , °C	t _{сол.} , °C
СрМ925	896	779
ЗлСрМ585-80	905	880
ЗлСрМ585-300	880	835
ЗлСрМ750-125	900	885
БрОЦС5-5-5	1018	930
БрКМц3-1	1025	935
ЛЦ16К4	900	800
ОТТGR	940	835

Для витоПЛення воску із форм та наступного їх прожарювання, що необхідно для зміцнення та доведення до температури заливання, обираємо дві муфельні печі (рис. 3.11) марки СНОЛ 64/1600.



Рисунок 3.11 – Муфельна піч марки СНОЛ 64/1600 [9]

Печі даного типу характеризуються наявністю високоякісних термостійких ізоляційних матеріалів, мікропроцесорного терморегулятора, камери із високоякісного волокна. Також є можливість підключення до комп'ютера [9].

Технічні характеристики печі СНОЛ 64/1600 наведено в табл. -3.8.

Таблиця 3.8 – Технічні характеристики печі СНОЛ 64/1600

Параметр	Значення
Габаритні розміри, ШхДхВ, мм	1020x840x1700
Об'єм, л	64
Розміри робочої камери, мм	400x400x400
Потужність, кВт	18
Живлення, В	400
Маса, кг	470

Обираємо для формування наступні формувальні суміші – GOLD STAR XL, CLASSIC, SILK, STONECAST.

Графіки прожарювання відповідних формо-мас зображено на рисунках 3.12, 3.13 та 3.14 [10].

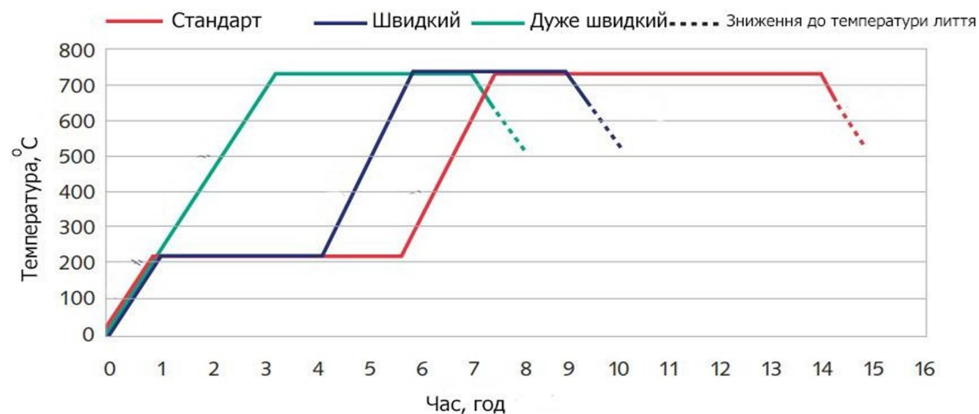


Рисунок 3.12 – Графік прожарювання для формомаси GOLD STAR XL [10]

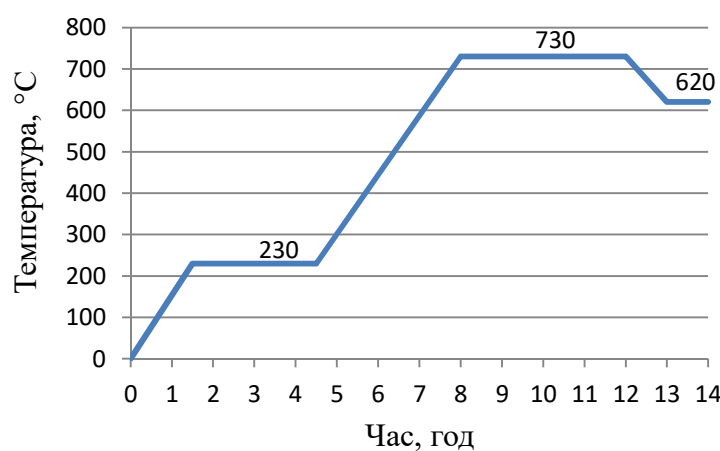


Рисунок 3.13 – Графік прожарювання для формомас SRS SILK та CLASSIC [10]

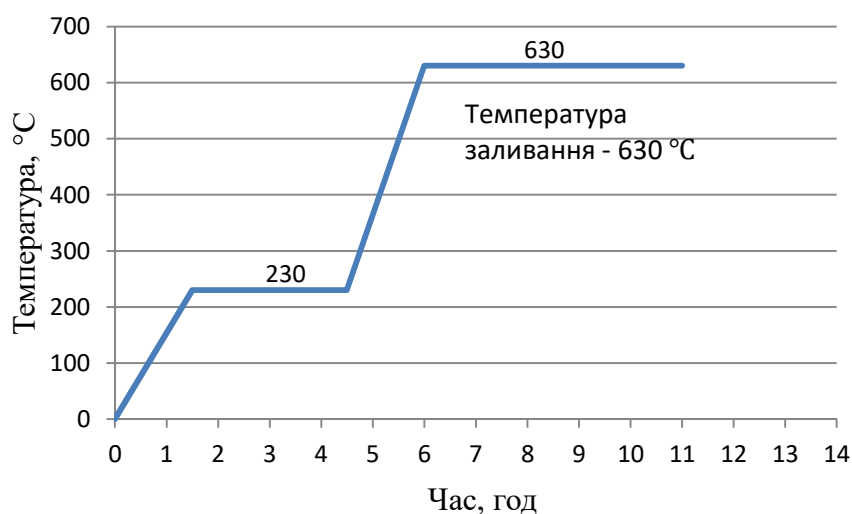


Рисунок 3.14 – Графік прожарювання для формомас STONECAST [10]

3.4 Розрахунок годинної потреби рідкого металу

Годинну потребу рідкого металу розраховуємо за формулою:

$$M = B_p / \Phi_d, \quad (3.1)$$

де M – годинна потреба рідкого металу, кг/год;

B_p – річна кількість металу за виробничою програмою, кг;

Φ_d – дійсний фонд часу плавильного агрегату, год.

Для сплавів на основі коштовних металів:

$$M = 300 / 1840 = 0,163, \text{ кг/год.}$$

Для сплавів на основі кольорових металів (міді):

$$M = 680 / 1840 = 0,4, \text{ кг/год.}$$

Загальний угар металу для кожного сплаву на річну програму розраховується за формулою:

$$Y = \sum \left(\frac{N \cdot X_c}{100 - y} \right) - N, \quad (3.2)$$

де, Y – загальний угар металу, кг

N – загальна маса сплаву на річну програму, кг;

X_c – відсотковий вміст елемента у сплаві, %;

y – угар елемента при плавленні.

Розраховуємо річну кількість угару золота сплаву ЗлСрМ585-80:

– маса сплаву на річну програму: $n=90$ кг;

– хімічний склад сплаву жовтого золота $585^0 \pm 0,3, \%$: Au – 58,5;

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						33
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- Ag – 8,0; Cu – 28,0; Ni – 2,5; Zn – 3,0;
- угар елементів, %: Au – 0,1...0,2; Ag – 0,2...0,5; Cu – 0,5...1,5;
- Ni – 0,3...0,8; Zn – 2...10.

Підставивши відповідні значення у формулу (3.2), отримаємо:

$$y = \left(90 \cdot \frac{58,5}{100-0,15} + 90 \cdot \frac{8,0}{100-0,3} + 90 \cdot \frac{28}{100-1} + 90 \cdot \frac{2,5}{100-0,5} + 90 \cdot \frac{3,0}{100-5} \right) - 90 = 0,549 \text{ кг.}$$

Угар золота для річної маси сплаву буде наступним:

$$Y = 90 \cdot 58,5 / (100 - 0,15) = 0,135 \text{ кг.}$$

На річну програму загальний угар сплаву золота ЗлСрМ585-80 становить 0,549 кг (549 г), а самого золота – 0,135 кг (135 г).

В якості шихти використовуєть гранулят високої чистоти із банківських металів, спеціальні лігатури та зворот власного виробництва (ливникові системи, брак, стружка після механічного оброблення, метали після афінажу).

Лігатури обирають в залежності від механічних властивостей та кольору, що відповідає марці сплаву. Найбільш відомими та якісними є лігатури фірми LEGOR Group, Італія.

Перед плавленням розраховують кількість елементів, що входять до складу шихти, враховуючи втрати при плавленні[2].

Плавлення та лиття у форми розміром не більше 150x300 мм проводять у індукційній вакуумній ливарній машині INDUTHERM VC 500 LCD.

Лиття бронзи та латуні (окрім грануляту) проводять у печі, що перевертається (рис. 3.15).

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		34



Рисунок 3.15 – Піч опору, що перевертається

Процес лиття включає в себе наступні операції:

- підготовки шихти та її компонентів – гранулювання злитків чи заготовок. Гранулювання проводять у ливарній машині, розплавленням металу у середовищі інертних газів та скрапуванням його у камеру з водою, де він охолоджується та приймає вигляд гранул. Однорідний розмір гранул дозволяє пришвидшити плавлення, уникаючи перегрівання дрібних шматочків.

- встановлення графітового тиглю;

- оброблення тиглю бурою для видалення забруднень та зменшення впливу матеріалу тигля на рідкий метал;

- встановлення опоки, яка має оптимальну температуру для лиття після прожарювання (оптимальний інтервал температури форми під лиття можна визначити за графіком прожарювання формо-маси, яка відповідає певним групам сплавів);

- для потрібних сплавів золота спочатку розігрівають тигель до 1000 °С, потім завантажують шихту, яка містить чисте золото, відходи виробництва, лігатуру із легуючими компонентами у необхідній кількості та розкислювачі

або без лігатури просто завантаженням срібла, міді та інш. з розкислювачем (цинку в кількості 0,06 % від маси шихти).

Для сплавів CrM – ті ж операції, що і для золота, але температура прогрівання тиглю – до 950 °С;

- вакуумування камери з опокою, що захищає від впливу повітря та створює примусову силу для заповнення розплаву;

- подача гелію в камеру, який захищає поверхню металу;

- доведення металу до температури плавлення з урахуванням перегріву металу на 50...70 °С та перемішування розплаву перемінним електромагнітним полем;

- подача опоки до отвору плавильної камери;

- лиття металу у форму під тиском 3 атм. інертного газу та витримка до температур кристалізації розплаву [2].

Плавлення та лиття бронзи і латуні для більших за розмірами художніх виливків проводять у поворотній печі опору або індукційного нагрівання із вакуумуванням опоки при литті.

Операції при литті бронзи наступні:

- завантаження готових подрібнених сплавів;

- додавання відходів власного виробництва;

- перегрівання розплаву на 50...100 °С вище лінії ліквідуса;

- додавання фосфористої міді 0,02...0,04 %, при перемішуванні розплаву графітовою палочкою;

- додавання бури та видалення шлаків;

- дегазація розплаву солями, порошком крейди, $MnCl_2$, C_2Cl_6 ;

- введення фосфору при необхідності для підвищення рідкотекучості бронзи та розрідження шлаку;

- остаточне видалення шлаку та встановлення і закріплення опоки разом з вакуумним циліндром зверху печі;

- перевертання печі та заливання металу під дією гравітаційних сил та вакуумним всмоктуванням.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		36

Для лиття із синтетичними каміннями використовують найчастіше фіаніти, ітрій-алюмінієві, галій-галоїдні гранати, ніобіт літія та інш.

Під час лиття з камінням треба звертати увагу на розташування та розміри ливникових систем, де необхідним є забезпечення рівномірного охолодження виливка, що зменшує ризик утворення внутрішніх напружин, жолоблення та тріщин. Також необхідно забезпечити ламінарне заповнення форми для запобігання гідравлічного удару в каміння [11].

Кількість устаткування розраховуємо за формулою:

$$P_{\text{п}} = V / (\Phi_{\text{д}} \cdot H), \quad (3.3)$$

де $P_{\text{п}}$ – кількість устаткування, од.;

V – річна потреба металу, кг/рік;

$\Phi_{\text{д}}$ – річний фонд часу, год;

H – продуктивність устаткування, кг/год.

Визначаємо кількість індукційних печей:

$$P_{\text{п}} = 300 / (1840 \cdot 0,250) = 0,82 \text{ шт.}$$

Визначаємо кількість обертальних плавильних печей опору:

$$P_{\text{п}} = 680 / (1840 \cdot 0,2) = 1,85 \text{ шт.}$$

Приймаємо одну індукційну плавильну піч для лиття сплавів на основі кошовних металів та дві печі опору поворотного типу для сплавів на основі міді.

Для ділянки пластичної деформації, що проектується основними технологічними процесами є виконання різних операцій холодного штампування: вирізки, вирублення, пробивання, згину, рельєфного формування, а також ланцюгов'язальних операцій.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		37

Операції штампування виконуються на вибраному гідравлічному пресі ПГ10 (рис. 3.16), який має наступні режими роботи [12]:

- режим налагодження;
- стандартний режим;
- автоматичний режим;
- посилений режим.



Рисунок 3.16 – Гідравлічний прес ПГ10 [12]

В режимі налагодження виконується установка кінцевих вимикачів під різні розміри штампів. В стандартному режимі прес виконує один цикл шляхом натисканням кнопки або педалі.

В атоматичному режимі прес виконує значну кількість циклів.

Посилений режим використовується при чеканці та об'ємному штампуванні.

При цьому прес здійснює максимальний тиск із витримкою.

Прес оснащений системою регулювання тиску від мінімального до номінального. Це дозволяє виконувати налагодження на потрібний тиск при обробленні з різною оснасткою. Також у даному гідравлічному пресі встановлений лічильник циклів [12].

Технічні характеристики гідравлічного пресу ПГ10 наведені в табл. 3.9.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						38
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.9 – Технічні характеристики пресу ПГ10

Параметр	Значення
Номінальне зусилля, тс	10
Максимальний хід, мм	125
Відкритий штампувальний простір, мм	50...175
Величина регулювання роб. ходу мм	125
Максимальна кількість робочих ходів за хв при макс. ході	9
Потужність електродвигуна, кВт	3
Живлення, В	380
Габаритні розміри, мм	523x698x1568
Маса нетто, кг	345
Маса брутто, кг	400

Для здійснення автоматичного в'язання ювелірних ланцюжків обрано високошвидкісний ланцюгов'язальний верстат фірми festi GEKF (рис. 3.17).



Рисунок 3.17 – Ланцюгов'язальний верстат типу GEKF (festi) [13]

За допомогою такого верстата можна виготовляти тонкі та середні ланцюжки якорного та панцирного плетіння.

Живлення верстата однофазне, швидкість регульована, змащування примусове. Також верстат обладнаний датчиком наявності ланцюгу та двома каналами для стиснутого повітря [13].

У цеху ювелірно-художнього лиття, що проектується термічне оброблення деталей проводитиметься з метою підвищення пластичності металу

або зняття його внутрішніх напружин, внаслідок оброблення тиском або після лиття, а також для підвищення міцності або пружних властивостей металу.

Термооброблення у цеху проводиться в соляній ванні СВС, яка дозволяє захистити вироби від окислювальної дії, при цьому не забруднюючи їх сажею і золою та створити рівномірний нагрів [14].

План дільниці пластичної деформації та термічного оброблення зображено на рис. 3.18.

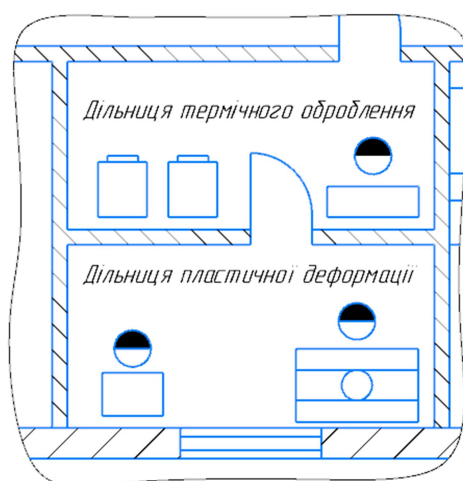


Рисунок 3.18 – План дільниці пластичної деформації та термічного оброблення

3.5 Відділення фінішних операцій

Фінішні операції оброблення виробів базуються на абразивному обробленні поверхні для зниження шорсткості поверхні, а також надання їй блиску.

Методи абразивного оброблення підрозділяються на 3 види:

1. Оброблення жорсткими інструментами із зв'язаним абразивом;
2. Оброблення еластичними абразивними інструментами;
3. Оброблення вільним абразивом.

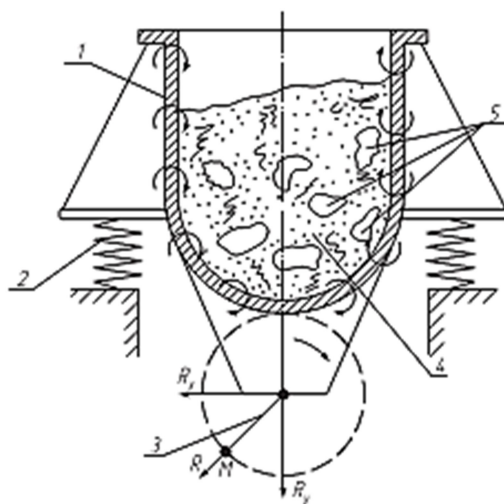
До першої групи методів оброблення відноситься шліфування, супершліфування та хонінгування. До другої – зачищення шліфувальним

папером, текстильними та войлочними кругами. До третьої групи відноситься полірування, галтування, магнітоабразивне оброблення, струминне повітряне (піскоструменеве) оброблення та інші [2].

Процес доведення включає ряд механічних та хімічних явищ. Механічна дія заключається в мікрорізанні оброблюваного матеріалу абразивними зернами. Хімічна дія заключається в активній дії рідких компонентів пасти або суспензії із утворенням оксидних плівок та адсорбційних шарів.

При поліруванні, на відміну від доведення, в зоні контакту полірувального круга із заготовкою виникає висока температура, що забезпечує згладження мікрорельєфу в результаті пластичного протікання виступаючих мікронерівностей поверхні [2].

Принцип віброабразивного оброблення представлено на рис. 3.19.



1 – контейнер; 2 – пружинні опори; 3 – вібратор; 4 – абразивне середовище; 5 – вироби

Рисунок 3.19 – Схема віброабразивного оброблення [2]

Контейнер 1, що установлений на пружинних опорах 2 отримує низькочастотні коливання від вібратора 3, яким служить ексцентрик із зміщеним центром мас M , що обертається від електродвигуна. При обертанні ексцентрика виникає відцентрова сила R , що періодично змінює свою величину та напрямлення. В результаті коливань, вібрація від стінок

передається абразивному середовищу 4 та виробам 5 в контейнері, в результаті чого вони здійснюють коливання та повільне обертання навколо деякої точки.

Для попереднього оброблення та галтування виробів із кольорових та коштовних металів у малих об'ємах обираємо електромагнітну галтовку із реверсом марки КТ 185 [15] яку зображено на рис. 3.20.



Рисунок 3.20 – Електромагнітна галтовка КТ 185 [15]

Для проведення фінішного оброблення поверхні виробів – полірування та шліфування абразивними наповнювачами при дії вібрації обираємо вібро-галтувальний барабан AVALON W 8F (рис. 3.21) [16].



Рисунок 3.21 – Вібро-галтувальний барабан AVALON W 8F [16]

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42

Для вібро-галтувальних барабанів використовуються різні наповнювачі, такі, як керамічний наповнювач CMG із порошком GP20, керамічні та пластмасові пірамідки, бочонки, конуси, подрібнена горіхова скорлупа різних фракцій та різні металеві наповнювачі.

Для шліфування та полірування полірування виробів, що потребують обережного оброблення обираємо полірувальний верстат марки РВ-1 фірми AVALON [16].



Рисунок 3.22 – Полірувальний верстат РВ-1 [16]

Очищення виливків від залишків формувальної маси та деталей від залишків бруду виконується за допомогою парової мийки. Високоякісні парові мийки працюють під тиском 8 бар. Пар може бути отримано із дистильованої води або із водопровідної, очищеної від механічних домішок. Температура потоку пара на виході – 160...200 °С [17].

Обрана парова мийка зображена на рис. 3.22.



Рисунок 3.22 – Парова мийка ELMA ES 3000 [17]

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		43

При проектуванні емальєрної дільниці для прогрівання виробів із нанесеною емаллю, обираємо муфельну піч : «Митерм 3» (рис. 3.23) [18].



Рисунок 3.23 – Муфельна піч «Митерм 3» [18]

Технологія емалювання починається із підготовки виробів перед нагріванням, тобто видалення з поверхні металу різних забруднень та оксидних плівок. Очищення спочатку виконують механічним способом – крацуванням латунними або капроновими крацовками, а потім хімічним – знежирюванням та травленням в азотній кислоті або відбілюванням у слабкому розчині сірчаної кислоти.

Заготовки із міді або томпаку піддають відпалу у печі до появи найтоншої плівки, яка сприяє зєднанню емалі із металом [2].

В сплавах коштовних металів перед емалюванням необхідно знизити вміст інших металів на поверхневому шарі шляхом багатократного повторного відпалу з наступним травленням та крацуванням. Кількість відпалів залежить від проби сплаву. Температура відпалу емалі залежить від хімічного складу емалі, що відрізняється за кольором та знаходиться в межах 720...880 °C [2].

У відділенні гальваніки для нанесення захисно-декоративних покриттів обираємо установку PANDORA RUGBY (рис. 3.24).



Рисунок 3.24 – Гальвано-установка PANDORA RUGBY [19]

Гальвано-установка дозволяє наносити покриття білого золота, срібла та паладієвих сплавів. Можна також наносити інші покриття та шари, такі, як мідніння, нікелювання, позолота (окрім хромування) на вироби із різних сплавів. Можливе також застосування операції електрохімічного полірування для одиничних виробів [19].

Технічні характеристики гальвано-установки занесено до табл. 3.10.

Таблиця 3.10 – Технічні характеристики гальвано-установки PANDORA RUGBY

Параметр	Значення
Обєм робочої ємності, л	4,2
Генератор	15В/15А
Електроживлення	220В/50Гц/150 Вт
Потужність нагріву, Вт	800 Вт
Перемішування	магнітна мішалка
Маса, кг	40

Перед нанесенням покриття попередньо відполіровані до дзеркального блиску вироби із золота знежирюють в органічних розчинниках, хімічно знежирюють, промивають в дистильованій та проточній воді.

Електроліз в сірчаноокислих електролітах протікає протягом 4...6 хв при температурі 30...40 °С та щільності струму 0,8...1,5 А/дм².

Після родіювання проводять промивання з уловлюванням в дистильованій та гарячій воді, промивання в етиловому спирті та сушіння при температурі 80...90 °С [2].

План дільниці фінішних операцій із дільницями гальваніки та емальєрної дільниці зображено на рис. 3.25

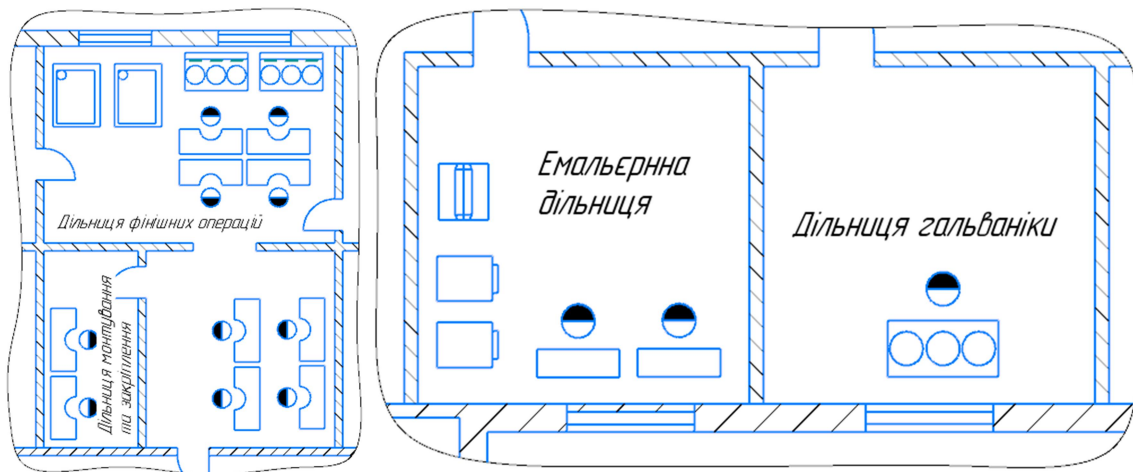


Рисунок 3.25 – План дільниць фінішних операцій з дільницею гальваніки та емальєрною дільницею

Дільницю гальваніки було спеціально розташовано біля емальєрної дільниці, оскільки вони тісно пов'язані між собою у послідовності технологічного процесу.

Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ

Лист

46

4. ДОПОМІЖНІ ВІДДІЛЕННЯ ТА СЛУЖБИ

У ливарному комплексі підприємства ювелірно-художньої продукції, що проектується допоміжними відділеннями є лабораторії та відділ технічного контролю якості продукції (ВТК).

4.1 Технічний контроль продукції

Відділ технічного контролю проводить перевірку виробів на наявність дефектів, вимірювання маси, розмірів, проводить контроль форми та взаємного розположення поверхонь, якості поверхонь, кріплення та якості каміння згідно вимог та визначення відповідності проби.

Для вимірювання шорсткості поверхонь та товщин покриттів використовують оптичний профілометр MicroHAM-100 (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Оптичний профілометр MicroHAM-100 [20]

MicroHAM-100 об'єднує фазозміщуючу технологію інтерферометра та оптичний мікроскоп, що дозволяє проводити безконтактні 3D-виміри поверхневого шуму із субнанометричною роздільною здатністю. Прилад, що вміщує безліч функцій дає користувачеві широкі можливості для дослідження поверхні.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		47

Однією з них є можливість отримувати тривимірні зображення високої чіткості для широкого діапазону висот рельєфу – як для відносно гладких поверхонь, так і для шорстких [20].

Найбільш простим способом визначення проби є хіміко-аналітичний, що базується на нанесенні реактивів. Наявність коштовного металу в сплаві перевіряється візуально, нанесенням на чисту поверхню досліджуваного металу каплі розчину хлорного золота.

Результат хімічної реакції з металом проявляється у вигляді плями, колір якої свідчить про наявність коштовного металу [2].

Реактиви для опробування виробів із золота [21]:

- кислотні – для проб 385, 500, 583, 585 і 750;
- хлорне золото – для сплавів золота (в.т.ч. білого) до 600 проби;
- розчин йодистого калію – від 800 проби.

Реактиви для опробування виробів із срібла:

- хромпик (двохромовокислий калій);
- розчин азотнокислого срібла (для проб 500, 750, 800, 875, 916, 925 та 960).

Контроль виробів передбачає:

- зовнішній огляд;
- зміну маси, розмірів, контроль форми та взаємного розташування поверхонь, якості поверхонь та кутових параметрів;
- контроль відповідності технічним вимогам

Контроль зовнішнього вигляду виробів (окрім розмірів пор), якості маркування та упаковки здійснює візуально при відбитому світлі електричної лампи потужністю 30...40 Вт при розташуванні джерела світла на відстані 250...300 мм від виробу. Візуальний контроль зовнішнього вигляду виробів та ювелірних каменів можуть виконувати з використанням оптичних пристроїв: лінзи та мікроскопу [2].

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						48
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Види дефектів та кількість браку

Важливим показником якості виробництва є кількість браку.

При дотриманні технології на всіх етапах виробництва, брак не повинен перевищувати 2...3 %.

Найбільш частими дефектами лиття є пори, пористість та усадкова пористість, раковини, недоливи, тріщини, незлитини, шорсткість поверхні, ліквацийна непробність, перекося, крихкий злам виливків, потемніння та інші.

Дефекти виливків, що спричинені на різних етапах виробництва можна розділити на наступні види:

1. при виготовленні воскових моделей;
2. при розташуванні ливниково-живильної системи;
3. при литті;
4. при механічному обробленні;
5. при нанесенні покриттів.

Види браку, що утворені на воскових моделях, ливарних формах, при литті та їх причини утворення занесено до табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Види браку та причини їх утворення [22]

№	Вид браку	Причина утворення
1	2	3
Воскова модель		
1	Зміна розмірів моделі	Неправильний розрахунок розмірів еталону виробу, неправильно зібрана та неякісно виготовлена прес-форма
2	Засмічення в моделі	Використання забруднених модельних матеріалів та модельного звороту, забруднена прес-форма, зберігання моделі в пильному приміщенні
3	Деформація моделі	Передчасне вилучення моделі із прес-форми, надлишкова витримка моделі перед збиранням, підвищена температура приміщення
4	Місцева усадка	Підвищена температура модельного складу, неохолонувша прес-форма
5	Пухирі та вздуття	Надлишок повітря в модельному складі, надлишковий тиск при запресуванні, погане перемішування модельного складу, відсутність вентиляційних каналів у прес-формі
6	Пухирі та вздуття	Надлишок повітря в модельному складі, надлишковий тиск при запресуванні, погане перемішування модельного складу, відсутність вентиляційних каналів у прес-формі

7	Недопресування	Низька температура модельного складу, недостатній тиск при запресуванні, забруднена порожнина прес-форми
8	Заусенці, облой	Неякісно виконана прес-форма, неправильне її збирання та забруднена площа роз'єму
9	Неякісна поверхня	Неохайні зачищення та зберігання моделі, надлишок тальку
10	Тріщини на моделі	Інтенсивне охолодження прес-форми, надлишкова витримка моделі перед вилученням із прес-форми
Ливарна форма		
11	Раковини округлої форми на поверхні ливникової чаші	Неякісне формування в процесі вакуумування, висока вязкість формувальної суспензії
12	Тріщини форми	Не витриманий часово-температурний режим при витоппленні модельного складу
13	Вспливання воскових моделей	Недбале напаявання моделей на стояк, висока амплітуда коливань столу, недбале кріплення стояку
14	Темний колір формувальної суміші після прожарювання	Неповне випалення модельного складу
Виливок		
15	Відхилення за хімічним складом металу	Неправильне шихтування сплаву, відхилення в технології ведення плавлення
16	Засмічення	Засмічений метал або тигель, низька міцність ливарної форми
17	Шлак	Потрапляння шлаку у форму із металом
18	Усадкові раковини, рихловатість, пористість	Недостатнє живлення виливка, нетехнологічність виливка, перегрітий метал, перегрівання якогось вузла виливка
19	Газові раковини	Недостатній час прожарювання форм, близька установка форм одна до іншої та дверям печі, недотримання технології плавлення, використання вологої шихти та вологого плавильного інструменту, недостатнє розкислення металу, неповне видалення модельного складу
20	Гарічі тріщини на виливках	Наявність напружених місць у виливках (різкі переходи, гострі кути); перегрівання металу
21	Пригар	Підвищена температура металу або ливарної форми, неповне випалювання модельного складу
22	Незалів, спаї	Недостатня температура ливарної форми, низька температура металу при заливанні, переривання потоку металу, руйнування ливарної форми, недостатня кількість металу
23	“Корольки” на поверхні виливків	Переривання потоку металу при заливанні, неякісне виготовлення форми
24	Холодні тріщини в деталях	Нетехнологічність деталі, різке охолодження залитих блоків, руйнування при вибиванні та очищенні
25	Порушення геометрії виливків	Недбале поводження із виливками, порушення технології вибивання виливків із форми
26	Залишки формувальної суміші на виливках	По остаточному очищенні не витримана концентрація плавикової кислоти або час витримки в розчині
27	Потьоки	Вони виникають при порушенні умов схоплювання формувальної маси при обжарюванні
28	Перекуси	Утворюються у результаті зміщення однієї частини виливка відносно іншої

29	Ламкий злам	Виникає через погану якість металу, що містить у собі оксиди та сульфід
30	Потемніння	Спричинено окисненням його поверхні

4.2.1 Дефекти при нанесенні гальванічних покриттів

Найбільш проблемними видами браку являються [23]:

- недостатня адгезія (вспучення або відшаровування);
- пітинг;
- шорсткість поверхні;
- неоднорідність зовнішнього вигляду.

При недостатній адгезії покриття, бракований виріб необхідно ретельно проаналізувати та вияснити вид відшаровування: від основного металу чи від металу підшару. Вирішенням є більш ретельне підготовлення поверхні виробу та перевірка якості знежирення.

Відшаровування основного металу від підшару (напр. нікелю від міді) можливо при недостатньому промиванні після мідніння або декапіювання, або підшар міді висушений перед нікелюванням та має плями на поверхні безпосередньо перед зануренням у ванну.

Пітинг можна описати як невеликі заглиблення в покритті, які викликані екрануючою дією бульбашок водню, що виділяються на катоді в електролітах оцинковування та нікелювання, де вихід по струму менше 100 %. Цей дефект потребує повторного нанесення покриття.

Утворенню пітингу сприяє, в першу чергу, наявність в електроліті сторонніх домішок. Пітинг також може виникати при завищеній густині струму, недостатньому перемішуванні, заниженій температурі та рН.

Шорсткість, що виникає при нанесенні гальванічного покриття, найчастіше утворюється через наявність в електроліті твердих частинок, які видаляються шляхом фільтрації електроліту.

Причинами неоднорідності можуть бути:

- а) матовість, що виникає в результаті надмірного травлення;
- б) плями, нерівномірний блиск покриття, що утворюється при порушенні пропорції компонентів електроліту та при наявності домішок.

4.3 Складське господарство

Ливарний комплекс має великі обсяги виробництва, постійний обіг та використання матеріалів, особливо формувальних та шихтових.

Для зберігання витратних матеріалів та сировини передбачені склад формувальних та допоміжних матеріалів, склад готової продукції або сейфове приміщення для зберігання коштовних металів, каміння, готової продукції, відходів власного виробництва коштовних металів, які надійно зберігаються та охороняються.

Склади близько розміщуються до виробничих відділень та мають зручні під'їзди для внутрішнього транспорту.

4.4 Службово-адміністративні приміщення

До службово-адміністративних приміщень на підприємстві відносять:

- кабінет начальника підприємства;
- кабінет технолога;
- відділення проектувальників, 3D- модельєрів;
- їдальню;
- чоловічий та жіночий санвузли;
- медпункт;
- бухгалтерію;
- відділ кадрів;
- відділ менеджерів;
- відділ механіка та енергетика;

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						52
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- конференц-зал;
- ВТК виробництва;

Деяку частину службово-адміністративних приміщень розміщуємо на першому поверсі, а інші – на другому.

4.5 Відділ механіка та енергетика цеху

Механіки та енергетики виконують постійний контроль устаткування та обладнання забезпечуючи його безпечну роботу.

Механік або наладчик має наступні обов'язки:

- періодичний огляд та перевірка несправності устаткування та обладнання у виробничих відділеннях;
- налагодження автоматизації виробничих процесів;
- ремонт несправних деталей та вузлів машин;
- догляд за 3D-принтером (прочищення сопла, заміна робочого столу, завантаження матеріалу та калібрування друкуючого пристрою).

Енергетик цеху повинен слідкувати за обсягами споживчої електроенергії, за справністю енергетичного устаткування та налагодження електричних систем, а також забезпечувати безперебійне живлення цеху.

4.6 Застосування ЕОМ та САПР для технологічних процесів

На підприємстві, що проектується необхідно впроваджувати 3D-моделювання художніх та ювелірних виробів при використанні різних CAD-програм.

За допомогою 3D-моделювання можливо спроектувати велику різноманітність складних моделей із застосуванням великого запасу інструментів, таких, як симетрія за різними осями та площинами, булеві операції, згинання, розтягування, розбивання на полігони, згладження та інші.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						53
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Можливе проектування найдрібніших деталей, плавних переходів, вставок на ювелірні вироби та їх розміщення на 3D-моделі.

Існує велика кількість програм для 3D-моделювання. Найбільш популярними з них є: Illustrator, Zbrush, Rhinoceros, 3ds Max, MathCAD, ArtCAM.

Кожна програма відрізняється методом побудови об'єктів, базою інструментів та іншими параметрами.

Розглянемо для прикладу побудову 3D-моделі перстня, що складається із різних частин [24].

1. Моделювання починаєть із створення простих геометричних фігур (тора) та розбивання на полігони (рис. 4.2, а).

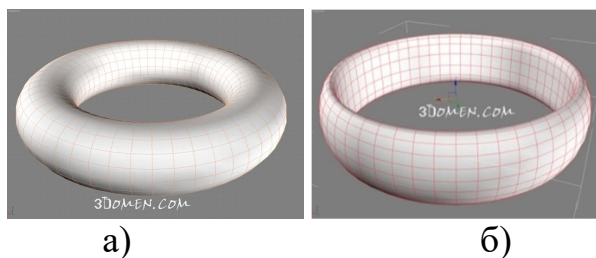


Рисунок 4.2 – Створення тору та його редагування [24]

2. Вдавлення внутрішньої частини перстня (рис. 4.2, б).

3. Для створення оправы під камінь необхідно використати команду Chamferbox та точно її зосмістити на перстні (рис. 4.3, а). Далі на оправі обирають і видаляють необхідні полігони для створення каркасу. Після чого використовують команди Shell для потовщення стінки (рис. 4.3, б, в) та MeshSmooth для згладження.

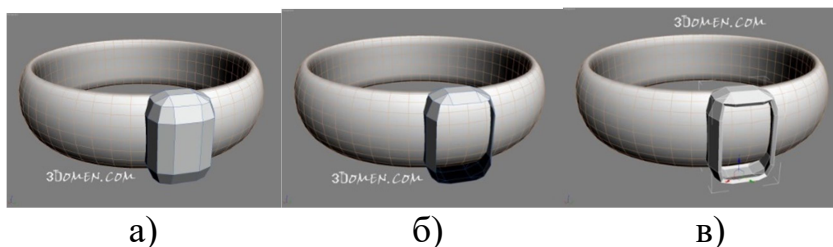


Рисунок 4.3 – Застосування модифікаторів Chamferbox та Shell [24]

4. Моделювання необхідних накладок для оздоблення зовнішньої поверхні перстня (рис. 4.4). При цьому використовують команди: сплайн в 2D-площині, Extrude, Mirror та Attach.



Рисунок 4.4 – Моделювання накладки [24]

5. Далі використовують команду Spherify (рис. 4.5, а), створюють необхідну вставку та виконують перевірку на технологічність та наявність дефектів моделі.



Рисунок 4.5 – Готова 3D-модель та виріб [24]

4.7 Управління та організація виробництва

Для керування виробничими процесами та зручної роботи із клієнтами використовують потужну CRM систему "АПЕк", яка дає можливість централізовано керувати: задачами та кадрами, інформацією про клієнтів, закупками та фінансами

Дана автоматизована система охоплює наступні процеси:

- аналіз та контроль діяльності підприємства;
- управління фінансами;
- бухгалтерський і податковий облік;
- управління даними про вироби.

5 ЕНЕРГЕТИЧНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ

У ливарному комплексі художньо-ювелірної продукції основними джерелами електроенергії є: живлення виробничого устаткування, різних приладів, ПК, освітлення, забезпечення газом, водою, теплоносіями для технологічних операцій та потреб працівників.

Загальні витрати електроенергії у ливарному комплексі визначаються виходячи із потужності та витрат електроенергії на виробничих дільницях.

Споживчу потужність устаткування наведено у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Споживча потужність устаткування

Найменування устаткування	Потужність устаткування, кВт·год
Індукційна піч INDUTHERM VC500 LCD	10
3D-принтер Formlabs Form 2	0,065
3D-принтер Perfactory desktop XL plus	0,07
Муфельна піч CHOL 64/1600	18
Муфельна піч «МИТЕРМ-8», $T_{\max} - 900^{\circ}\text{C}$	1,6
Парова мийка Elma ES 3000	2...2,95
Вібро-вакуумний стіл d-230	0,55
Гальванічна установка PANDORA RUGBY	0,8
Вулканізатор напівавтоматичний P 300 Pilot	1,2
Полірувальний верстат PB 1 (АВАЛОН)	0,09
Вібро-галтувальна установка AVALON W 8F	0,4
Ланцюгов'язальний автомат GEKF (fasti)	0,4
Восковий інжектор ARGENTA WW	0,5
Гідравлічний прес ПГ-10	3
Афінажна установка Goldhunter	0,09

Загальні витрати електроенергії у цеху визначаємо за формулою:

$$W = (W_T + W_O + W_{\Pi}) \cdot K, \quad (5.1)$$

де W – загальна кількість витрат електроенергії, кВт · год;

W_T – витрати електроенергії на технологічні потреби, кВт · год;

W_O – річні витрати електроенергії на освітлення, кВт · год;

W_{II} – витрати електроенергії на ПК, кВт · год;

K – коефіцієнт втрат електроенергії у мережі.

Річні витрати електроенергії на технологічні потреби визначаємо за формулою:

$$W_T = n \cdot P_{уст.} \cdot \Phi_d, \quad (5.2)$$

де W_T – витрати електроенергії на технологічні потреби, кВт · год;

$n \cdot P_{уст.}$ – споживча потужність устаткування, кВт;

Φ_d – дійсний річний фонд часу, год.

Підставивши значення у формулу (5.2), отримаємо:

$$W = (10 + 0,065 + 0,07 + 18 \cdot 2 + 1,6 + 2,5 + 0,55 + 0,8 \cdot 4 + 1,2 + 0,09 + 0,4 + 0,4 + 0,5 \cdot 8 + 3 + 0,09) \cdot 1840 = 114\,328 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Витрати електроенергії на освітлення розраховуємо за формулою:

$$W_O = g \cdot F \cdot \Phi_0 \cdot 0,001, \quad (5.3)$$

де W_O – витрати електроенергії на освітлення, кВт · год;

g – середні витрати електроенергії за 1 год на 1 м² площі;

F – площа, яка освітлюється, м²;

Φ_0 – річна кількість освітлювального навантаження, год;

Приймаємо для виробничих відділень $g = 15 \dots 18$ Вт, для складських та побутових приміщень – $g = 8 \dots 10$ Вт.

Підставивши відповідні значення у формулу (5.3), отримаємо:

$$W_O = 0,001 \cdot (16 \cdot 520 \cdot 2640 + 9 \cdot 72 \cdot 2640) = 23\,645 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						57
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Річні витрати електроенергії на роботу персональних комп'ютерів при загальній їх кількості 20 шт. та споживаної енергії кожного 0,4 кВт · год, буде становити:

$$W_{\Pi} = 20 \cdot 0,4 \cdot 1840 = 14\,720 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Загальні витрати електроенергії на рік будуть становити:

$$W = 114\,328 + 23\,645 + 14\,720 = 152\,693 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Витрати води визначаємо із розрахунку, що за 1 год витрачається в середньому 0,25 м³.

Витрати води за рік будуть становити: $0,25 \cdot 1840 = 460 \text{ м}^3$.

Норми витрат води на побутові потреби складають:

- на господарчо-питні потреби: 150 л на робочу зміну;
- санвузол: 200 л на робочу зміну;
- умивальники: 400 л на робочу зміну;
- миття підлоги цеху: 3 л/м² за добу.

Витрати теплоти визначаємо за наступною формулою:

$$G = V_6 \cdot q, \quad (5.4)$$

де G – витрати теплоти, Вт;

V_6 – об'єм будівлі, м³;

q – кількість теплоти для опалення приміщення ($q = 60 \dots 130 \text{ Вт/м}^2$).

Приймаємо $V_6 = 7\,000 \text{ м}^3$, $q = 90 \text{ Вт/м}^2$.

Підставивши значення у формулу (5.4), отримаємо:

$$G = 7\,000 \cdot 90 = 630\,000 \text{ Вт.}$$

Використання інертного газу за рік для плавильної машини INDUTHERM VC500 LCD становить приблизно 1500 л.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						58
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

6. РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ

6.1 Розроблення технологічного процесу виготовлення художнього виробу

6.1.1 Загальна характеристика художнього виробу

Спроектованим виготовленим художнім виробом є статуетка «Настільний герб України», яка складається із чотирьох частин – стійки, вінка, тризуба та мармурової підставки.

За основу дизайну виробу було обрано схожу статуетку. Відмінними особливостями виробу є заміна сплаву (із латуні на бронзу) та вільне закріплення деталі “тризуб” всередині вінка. На вінку розташовано із одної сторони грони та листя калини (рис. 6.1).



Рисунок 6.1 – Литі частини статуетки

Виливки виробу відлито із сплаву бронзи БрОЦС5-5-5 ГОСТ 613-79, хімічний склад якого занесено до табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Хімічний склад сплаву бронзи БрОЦС5-5-5 ГОСТ 613-79

Масова доля елементів, %							
Cu	Zn	Sn	Pb	P	Si	Al	Fe
83...87	4...6	4...6	4...6	0,1	0,05	0,05	0,4

Діаграму стану системи Cu – Sn зображено на рис. 6.2.

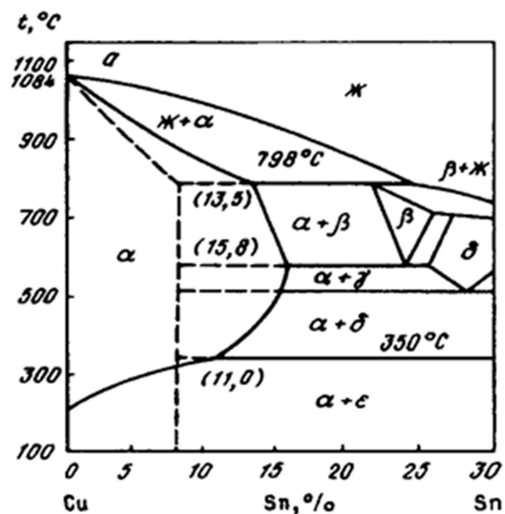


Рисунок 6.2 – Діаграма стану олов'яних бронз системи Cu – Sn [2]

Ливарні властивості сплаву:

- температура плавлення – 1018 °C;
- температура заливання – 1070...1100 °C;
- густина – 8,8 г/см³.

Механічні властивості сплаву:

- твердість (без термооброблення) σ_B – 200...240 МПа;
- відносне видовження δ – 4 %.

Графік залежності механічних властивостей бронзових сплавів від вмісту олова зображено на рис. 6.3.

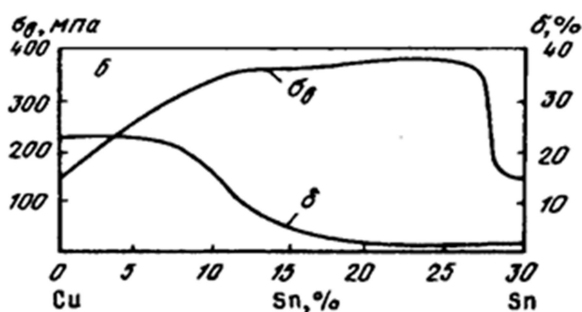


Рисунок 6.3 – Графік залежності твердості та відносного видовження бронзових сплавів від вмісту олова [2]

Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

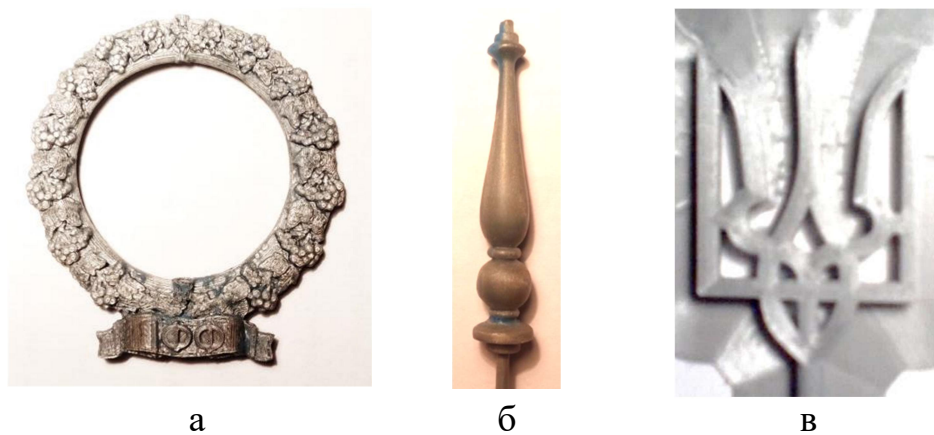
ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ

Параметри виливків статуетки занесено до табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Параметри виливків статуетки

Назва деталі	Метал	Габаритні розміри, ДхШхВ, мм	Товщина стінки, мм		Маса виливка, г
			δ_{min}	δ_{max}	
Вінок	БрОЦС5-5-5	60х63х4	2,0	4,0	35,0
Стійка	БрОЦС5-5-5	80х14	4,0	14,0	35,0
Тризуб	БрОЦС5-5-5	40х25х3	3,0	3,0	15,0

Елементи надрукованих моделей із полімеру PLA показано на рис. 6.4.



а – вінок; б – стійка; в – тризуб

Рисунок 6.4 – Елементи моделей до статуетки

6.1.2 3D-моделювання художнього виробу

1. 3D-моделювання

Перед проектуванням 3d-моделей спочатку створено ескізи майбутнього виробу в натуральну величину із точною деталізацією елементів (рис. 6.5).

Моделювання окремих частин виконано за допомогою програми 3ds Max. Програма дозволяє створювати складні елементи, згладжувати поверхню, масштабувати модель в різних напрямках та виконувати багато інших операцій.

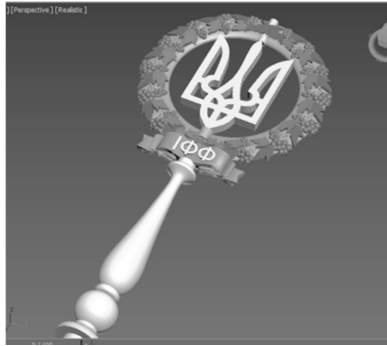


Рисунок 6.5 – 3D-модель статуетки

6.1.3. Прототипування 3D-моделей

Послідовність 3D-прототипування наступна:

- 1) Побудова моделі 3D-виробу;
- 2) Виготовлення 3D-моделі за одним із методів прототипування;
- 3) Тестування готової майстер-моделі;
- 4) Виправлення дефектів та згладження поверхні.

Точне відтворення прототипу забезпечує професійне 3D-моделювання, що здійснюється у спеціальних програмах для інженерної тривимірної графіки. Для побудови 3D-моделі застосовують всі наявні графіки, креслення, малюнки та ескізи, а також технічну документацію [25].

Після проектування 3D-моделей, проведено перевірку всіх розмірів та наявність помилок. Кожну 3D-модель окремо збережено у форматі STL для наступного прототипування.

Для проведення прототипування та налаштування параметрів друку, необхідно отримати файл gcode із файлів моделей формату STL. Для цього використано проміжну програму Cura.

Друк моделей виконано на 3d-принтері Ultimaker 2+ (рис. 6.6).

Матеріал друку – полімерний пластик PLA з наступними характеристиками [26]:

- температура друку становить 180...220 °C;
- гнучкий та створює більш гладкий друкований об'єкт;

- при нагріванні не виділяє шкідливих речовин, являється екологічним матеріалом;
- має практично нульову зольність.



Рисунок 6.6 – 3d-принтер Ultimaker 2+ [26]

Технічні характеристики даного принтеру наведено у табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Технічні характеристики 3d-принтеру Ultimaker 2+ [26]

Параметр	Характеристика
Розмір друку, мм	230x225x205
Програма керування	Cura, Simplify 3D
Габаритні розміри, мм	350x340x390
Формат файлів	.stl, .gcode, .obj
Напруга, В	220
Потужність, Вт	до 250
Матеріал друку	ABS, PLA, PVA
Товщина матеріалу для друку, мм	3,0
Точність друку, мм	0,02...0,4
Кількість екструдерів, шт	1
Діаметр сопла, мм	0,4
T _{max} екструдеру, °C	260
T _{max} робочого столу, °C	120
Швидкість руху друкуючої головки, мм/с	30...200
Маса, кг	23

Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ

Лист

63

6.1.4. Постоброблення 3D-прототипів художнього виробу

Усунення ступінчатості досягається механічним та хімічним методами. Найбільш популярними методами доведення є такі:

1. Шліфування;
2. Піскоструминне оброблення;
3. Оброблення парами розчинників.

Надруковані деталі було ретельно прошліфовано від залишків підтримок та дороблено дефекти поверхні інжекційним воском, оскільки вони слугують майстер-моделями для силіконових форм.

6.1.5. Виготовлення силіконових форм

Для отримання воскових моделей оброблених майстер-моделей виготовлено прес-форми із силікону марки Elastolux Platinum 33 відповідно для кожної деталі. Дану марку силікону обрано з метою досягнення необхідної твердості та міцності на розтяг, що забезпечить в подальшому високу точність воскових моделей та мінімальне розширення прес-форми при інжектуванні воском. Силікон Elastolux Platinum 33 є двокомпонентним на платиновому катализаторі, та твердіє при кімнатній температурі [27].

Технічні характеристики обраного силікону занесено до табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Технічні характеристики силікону Elastolux Platinum 33

Параметр	Характеристика
Твердість за Шором, од	30
Умовна міцність при розтягу до розриву, не менше, МПа	5,0
Відносне видовження при розриві, %	600
В'язкість, сСт	15 000
Термостійкість, °C	200
Час гелеутворення, хв	10
Час повної полімеризації, год (при $t = 24\text{ }^{\circ}\text{C}$)	24

Для отримання високоякісної силіконової форми необхідно проводити вакуумування силікону або наносити тонким шаром на модель, щоб уникнути утворення повітряних бульбашок на поверхні.

Виготовлені силіконові форми представлено на рис. 6.7.



Рисунок 6.7 – Силіконові прес-форми

6.1.6 Вибір параметрів елементів ливникової системи

Поточний розрахунок елементів ливникової системи проводиться для трьох деталей – вінок, ніжка та тризуб.

Для виготовлення двох форм для всіх деталей статуетки використано дві опоки – $\varnothing 75$ мм та 100 мм з метою економії формувальної маси.

Кількість моделей на воскових ялинках – 16 шт та 6 шт на іншій.

Кількість живильників на модель – по 1 шт, для ніжки – по 2 шт.

Для вінка приймаємо довжину живильника $l_{\text{ж}} - 10$ мм, для ніжки $l_{\text{ж}} - 10$ мм, для тризубця $l_{\text{ж}} - 8$ мм.

6.1.7. Виготовлення воскових моделей художнього виробу

Воскові моделі (восковки) виготовлено за допомогою ювелірного інжектора ARGENTA WW при використанні ювелірних восків FREEMAN – Flexible Blue, Ruby Red та Filigree Pink [27].

Технічні параметри даних восків занесено до табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Технічні параметри восків

№	Марка воску	Т вприску, °С	Т тверднення, °С	Твердість по Шору	Зольність, %	Вязкість, сПз, при 76 °С	Густина, г/см ³	Еластичність	Усадка
1	RUBY RED	71	60	36	0,009	290	0,9	середня	низька
2	FILIGREE PINK	71	61	36	0,003	453	0,98	середня	низька
3	FLEXIBLE BLUE	77	61	30	0,007	499	0,9	середня	середня

Для кожної прес-форми необхідно підбирати параметри інжектування, такі, як температура воску та тиск. При збільшенні робочих розмірів прес-форми, особливо із складною конфігурацією, необхідно збільшувати тиск та температуру воску для найкращого відтворення поверхні моделі та надійного проливання в тонкі місця та місця, що знаходяться далеко від живильника.

Робочі параметри інжектування наступні:

- температура – 67...74 °С;
- тиск – 0,5...1,5 атм (50...200 кПа).

Після інжектування здійснено огляд кожної моделі із виправленням дефектів, таких, як облої, повітряні пухирі, непроливи та дефекти усадкового характеру.

Збирання блоку моделей проводиться за допомогою паяльника із регулюванням температури і плоским жалом.

Під час збирання воскової ялинки необхідно також її зв'язати із розмірами вибраної опоки згідно відповідних вимог.

Мінімальна відстань між моделями – 3...5 мм, кут між стояком та живильниками α – 20°...45° (рис. 6.8). На кожну модель використано по одному живильнику відповідно підібраних діаметрів.

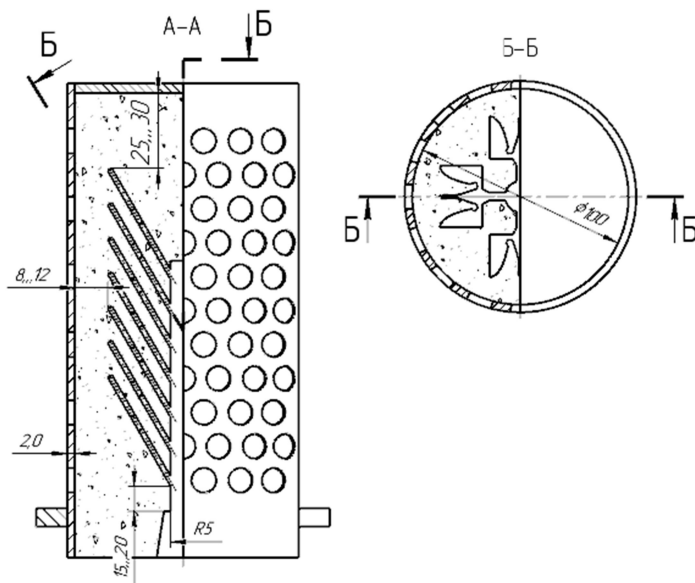


Рисунок 6.8 – Схема воскової ялинки в опоці

Розміри елементів ливникової системи (живильної бобишки, стояка та живильників) було обрано виходячи із набутого досвіду та теоретичних знань. Опоки було підібрано для кожної воскої ялинки окремо (рис. 6.9).



Рисунок 6.9 – Опока для вакуумного лиття [2]

6.1.8 Виготовлення ливарних форм

Ливарні форми було виготовлено із гіпсо-кристобалітної суміші марки SRS Silk (Англія), що застосовують для точного лиття за моделями, що витоплюються для лиття бронзи, латуні, срібла, мельхіору та нейзильбера.

Графік прожарювання форм для формо-маси зображено на рис. 3.13.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		67

Технічні характеристики формо-маси занесено до табл. 3.5.

Технологію виготовлення ливарних форм описано у розділі 3, п. 3.2.

6.1.9 Плавлення та заливання форм

Плавлення та заливання було здійснено на плавильній індукційній машині INDUTHERM VC500 LCD.

Температура заливання – 1100 °С.

В процесі плавлення шихта нагрівається за рахунок індуктивних сил у атмосфері інертного газу. Метал заливається у опоку із надлишковим тиском методом донного зливання. Швидке плавлення металу забезпечується за рахунок утворення вихрових струмів силами індукції, що виникають при дії електромагнітного поля. Під дією вихрових струмів (рис. 6.10) метал переміщується, що значно підвищує якість лиття та зменшує ліквацію.

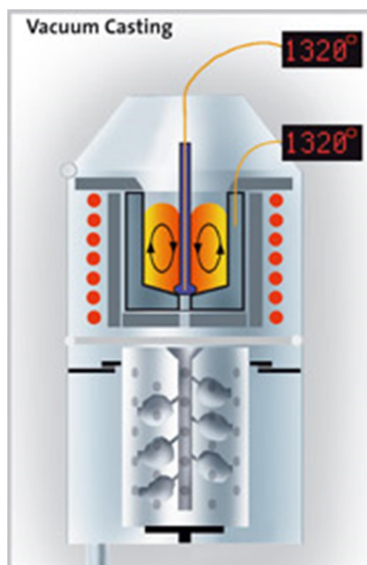


Рисунок 6.10 – Схема плавлення у печі INDUTHERM [28]

Відмінною конструктивною ознакою є встановлення термопари у стінку тигля, що дає змогу максимально точно контролювати температуру нагрівання та збільшити термін експлуатації термопари.

Послідовність операцій лиття на машині INDUTHERM [28]:

1. Включення подачі стисненого повітря та води;
2. Запуск ливарної машини та вакуумного насосу;
3. Встановлення необхідної програми для плавлення;
4. Нагрівання тигля;
5. Завантаження шихти у розігрітий тигель;
6. Встановлення опоки та її вакуумування;
7. Підняття стопорного штоку в тиглі;
8. Спускання вакууму у опоку;
9. Нормалізування тиску в камері плавлення;
10. Опускання вакуумної камери та вилучення опоки;
12. Вимкнення генератору.
13. Вимкнення вакуумного насосу із затримкою в 5-хв для видалення вологи.

Після заливання, форми охолоджують на повітрі протягом 0,5...1,0 год, замочують у воді для охолодження та легкого вибивання.

Після охолодження форми вибиваються по одній ударами дерев'яного молотка по фланцю опоки до повного руйнування формувальної маси.

6.1.10 Фінішне оброблення

Після вибивання форм та відрізання елементів ливникових систем, відбувається процес механічного оброблення художніх виливків, а саме: очищення, зачищення, шліфування, крацування, полірування та нанесення покриття.

Очищення виливків від залишків формувальної маси та окалини проходить при кип'ятінні в гарячому розчині лимонної кислоти (80-90 °C).

При цьому виливки відбілюються та повністю очищуються від залишків окалини. Після очищення виливки піддають зачищенню (видаляють залишки елементів ливникової системи, заливи, задирки та ін.).

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						69
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Полірування оброблених виливків здійснюють на войлочному крузі пастою ГОИ та на мусліновому крузі білою пастою DIALUX.

Потім виливки було промито, висушено, після чого на них нанесли лакове покриття.

Монтування виробу включає, в даному випадку, припаювання ніжки та вінка срібним припоєм марки ПСр70 (Тпл. – 735 °С) (рис. 6.11).



Рисунок 6.11 – Припаювання срібним припоєм

Далі – закріплення тризубця всередину вінка на сталеві штифти та приклеювання металевої частини на мармурову підставку епоксидним клеєм.

6.2 Розроблення технологічного процесу виготовлення ювелірного виробу

6.2.1 Загальна характеристика ювелірного виробу

Ювелірним виробом є каблучка, що складається із литої частини та одної вставки. За основу дизайну прийнято схожу 3D-модель (рис. 6.12).



Рисунок 6.12 – Каблучка-прототип

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		70

Каблучка має зверху наскрізний еліпсоподібний виріз, в якому розташовані чотири однакові завитки. Для зменшення ваги кільця, всередині зроблено вибірку.

Камінь закріплюється зверху у крапановий каст.

Габаритні розміри каблучки:

- внутрішній діаметр – 16,5 мм, зовнішній – 19 мм;
- ширина – 9 мм.
- діаметр вставки – 5 мм.

6.2.2 Моделювання каблучки

Розроблення 3D-моделі здійснено також у програмі 3ds Max.

Перед моделюванням точно визначено габаритні розміри моделі із окремими елементами. Побудову окремих частин було виконано у натуральну величину. Після завершення моделювання застосовано рендеринг.

Остаточний вигляд 3d-моделі зображено на рис. 6.13.

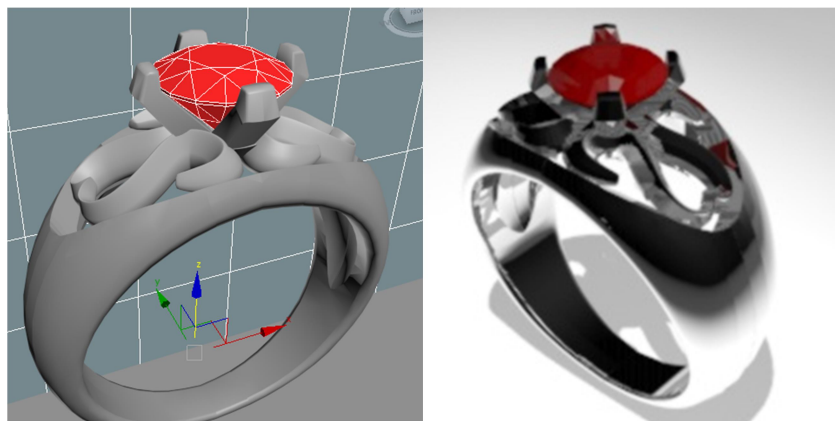


Рисунок 6.13 – Каблучка до та після рендерингу

Як видно, зображення модулі після рендерингу виглядає дуже правдоподібно.

6.2.3 Виготовлення воскової моделі

Воскову модель було виготовлено вручну, методом вирізання.

Щоб отримати внутрішній діаметр необхідного розміру, модельний віск було напаяно на металеву оправу потрібного діаметру. Надлишок напаяного воску зрізано скальпелем та оброблено начисто шліфувальним папером дрібної зернистості. Модель касту окремо вирізано і точно припаяно до кільця.

Використано ювелірний модельний віск, марки Feris Blue, фізичні властивості якого занесено до табл. 6.6 [17].

Таблиця 6.6 – Фізичні властивості модельного воску

Марка воску	Гнучкість	Оброблювальна здатність	Твердість (Шор D)	Швидкість оброблення на верстаті CNC	В'язкість, МПа·с, при 27 °С
Feris Blue	відмінна	хороша	52 (м'який)	низька	3650

6.2.4 Плавлення та лиття металу

Плавлення срібних сплавів здійснюється в індукційних вакуумних плавильних машинах.

Розрахунок шихти для сплаву CrM925 наступний:

$$Y = \frac{N \cdot X_c}{(100 - y) \cdot X_0}, \quad (6.1)$$

де Y – розрахунковий вміст елемента в шихті, г;

N – маса сплаву, г;

X_c – вміст елемента в шихті, %;

y – відсоток угару елемента;

X_0 – чистота компонента шихти (99,9/100).

Підставивши значення у формулу (6.1), отримаємо:

$$Ag = \frac{3,65 \cdot 92,8}{(100 - 0,75) \cdot 0,999} = 3,42 \text{ г.}$$

$$Cu = \frac{3,65 \cdot 7,2}{(100 - 1,0) \cdot 0,99} = 0,3 \text{ г.}$$

Склад розрахованої шихти занесено до табл. 6.7.

Таблиця 6.7 – Розрахунок елементів шихти

Складові шихти	Хімічний склад складових шихти, %		Вміст складових шихти, %	Вноситься в шихту складовими шихти, %	
	Ag, %	Cu, %		Ag, %	Cu, %
Ag	99,9	–	92,8	3,413	–
Cu	–	99	7,2	–	0,26
Всього вноситься шихтою, %			100,00	3,413	0,26
Угар, %				0,75	1,0
				0,007	0,04
Склад сплаву, %				3,42	0,3

Параметри вилівка каблучки занесено до табл. 6.8.

Таблиця 6.8 – Параметри вилівка “Каблучка”

Метал	Товщина стінки, мм		Маса вилівка, г	Угар		Маса чистого срібла, г
	δ_{\min}	δ_{\max}		%	г	
СрМ925	1,0	1,9	3,65	0,75	0,027	3,42

6.2.5 Фінішні операції

Операції фінішного оброблення було виконано вручну. Послідовність механічного оброблення наступна:

1. Грубе шліфування наждачним папером бормашинкою;
2. Чистове шліфування;
3. Полірування;
4. Промивання;
5. Сушіння;
6. Закріплення вставок.

7. РОЗРОБЛЕННЯ БІЗНЕС-МОДЕЛІ

7.1 Опис ідеї проекту

Запропоновано технології виготовлення художніх та ювелірних виробів для впровадження у виробництво для підприємств.

7.2 Бізнес-модель

7.2.1 Продукт

Прикладом готового продукту є литі художні та ювелірні вироби, що виготовлені за удосконаленими технологіями.

7.2.2 Сегмент споживачів

Споживачами запропонованого продукту можуть бути фізичні особи, представники різних компаній або фірм, такі, як Logas, KUPINA Art Studio, Медаліст, АльдеМикс та інші.

7.2.3 Канали збуту

Застосовують прямі канали збуту, які пов'язані з переміщенням товарів і послуг без участі посередників.

Прямі канали застосовують у таких ситуаціях, як:

- складне технологічне виробництво;
- виготовлення вузькоспеціалізованої продукції;
- наявність конкретних заявок споживачів;
- невеликі обсяги збуту.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						74
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Вони забезпечують доступ до кінцевого споживача, що дає такі вагомі переваги, як можливість збирання маркетингової інформації та прямий вплив на споживачів, але потребують значних фінансових вкладень. До прямих каналів збуту можна віднести:

- безпосередній контакт із потенційними покупцями через візити на підприємства та презентації товару;
- контакт через тематичні та галузеві виставки та конференції;
- збут через інтернет-ресурси;
- збут через оптові бази та склади.

7.2.4 Взаємодія із споживачам

З конкретними споживачами взаємодія може відбуватися через особисті контакти, по телефону, електронній пошті, можливе застосування програм лояльності. Із потенційними споживачами контакт відбувається через сайт фірми виробника, канали соціальних мереж, виставки, конференції.

7.2.5 Прибуток (монетизація)

Прибуток отримується за рахунок продажу виробів основної номенклатури, виконання індивідуальних замовлень, а також від впровадження своєї технології для інших виробників.

7.2.6 Ключові види діяльності

- 1) 3D-моделювання;
- 2) Виготовлення ливарної продукції (художнє та ювелірне лиття);
- 3) Виготовлення прототипів;
- 4) Маркетингова діяльність (розвиток ринку товарів, послуг, робочої сили шляхом оцінки потреб споживачів).

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		75

7.2.7 Ключові ресурси

Види ключових ресурсів:

- матеріальні (вихідна сировина та матеріали, фінансові ресурси, промислові приміщення);
- інтелектуальні (технологія виготовлення етапів виробництва, охоронні документи, працівники);
- мережа цільових споживачів.

7.2.8 Ключові партнери

Ключовими партнерами є:

- підприємство, яке забезпечує виробничу базу;
- компанії з надання логістичних і маркетингових послуг;
- постачальники сировини та енергоресурсів виробництва.

7.2.9 Витрати

Основними витратами є:

- фіксовані витрати (оренда приміщень, заробітні плати, різні платежі);
- непостійні витрати (споживчі матеріали та обладнання);
- маркетинг та реклама.

7.3 Споживчі властивості товару

Товари даного виду представляють естетичні та декоративні властивості. Серед естетичних властивостей литих виробів можна виділити блиск, довговічність та художнє оформлення (дизайн).

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		76

7.4 Маркетингова стратегія просування

Маркетингова стратегія просування проекту складається із:

- реклами на офіційному сайті виробника;
- просування проекту в мережі Internet;
- участі у галузевих виставках;
- проведення презентацій для потенційних покупців;
- зустрічей безпосередньо на підприємствах, які користуються запропонованою продукцією та проведення демонстрацій та «особистих продажів» виробів;
- реклами на міжнародних ринках.

7.5 Елементи фінансового плану

7.5.1 Опис бізнес-проекту

Мета проекту – отримання прибутку шляхом продажу литих виробів, виготовлених за удосконаленою технологією.

7.5.2 Опис товару

Даний вид товару використовується в якості сувенірної та декоративної продукції (художнє кабінетне та ювелірне лиття).

7.5.3 Фінансовий план

Приблизні інвестиції для впровадження у виробництво та виготовлення виробів у межах одного підприємства-виробника становлять:

- оренда промислових потужностей – 1 500 \$;
- відпрацювання технології в умовах виробництва – 2 500 \$;

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						77
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- ресурсозабезпечення – 12 000 \$;
- витрати на логістику, маркетинг, з/п – 6 000 \$;

Поточна ситуація проекту:

– виготовлено кілька готових литих виробів за відпрацьованою технологією в умовах підприємства.

7.5.4 Резюме

Проект призначений для здійснення процесів художнього та ювелірного лиття з використанням сучасного обладнання та відпрацьованих технологій.

Заплановані інвестиції для впровадження у виробництво на одному підприємстві становлять 24 000 \$.

Бізнес-модель даного проекту зображено на рис. 7.1.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		78

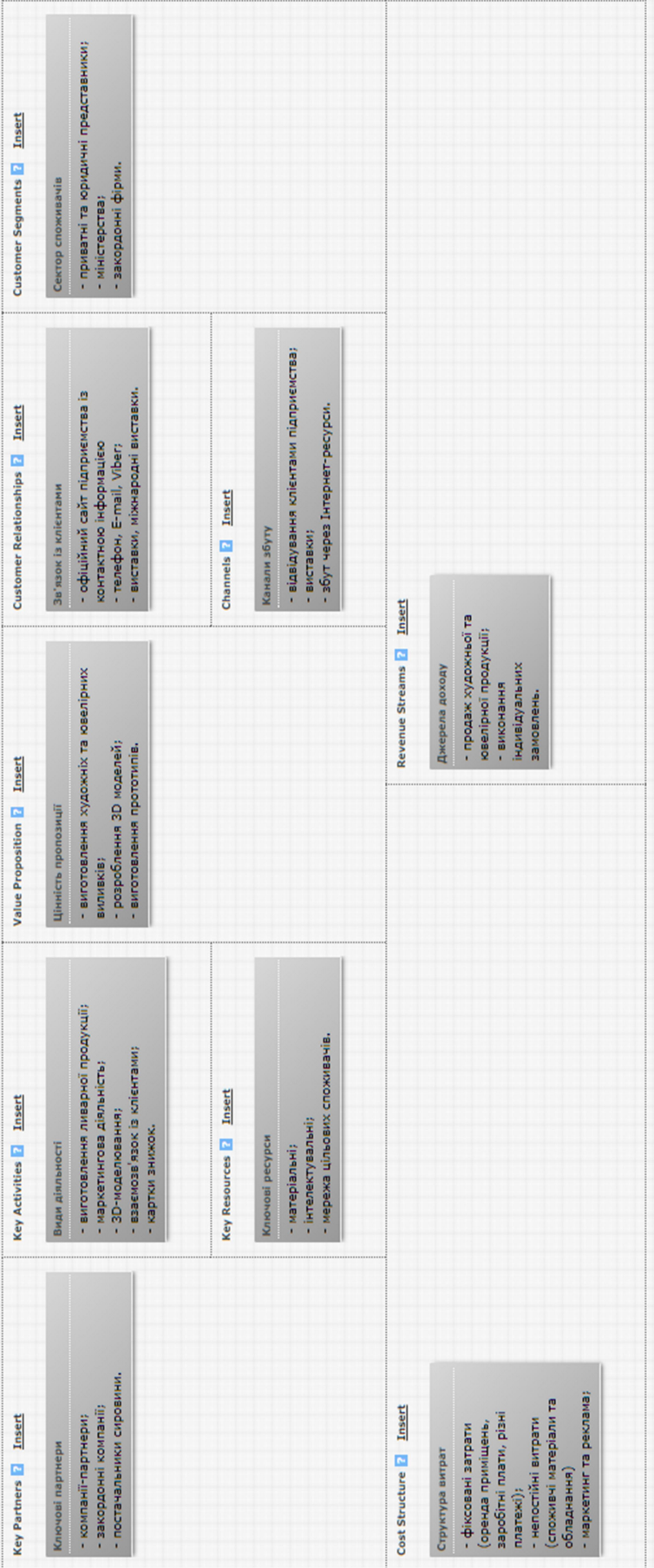


Рисунок 7.1 – Бізнес-модель

8. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

8.1 Визначення капітальних вкладень

Капітальні вкладення спроектованого ливарного комплексу визначається методом розрахунку окремих елементів вкладень, за формулою:

$$K = K_0 + K_{\text{осн}} + K_{\text{інв}} + K_{\text{м}}, \quad (8.1)$$

де K – загальні капітальні вкладення;

K_0 – капітальні вкладення у необхідне устаткування;

$K_{\text{осн}}$ – капітальні вкладення в оснащення;

$K_{\text{інв}}$ – капітальні вкладення в інвентар;

$K_{\text{м}}$ – капітальні вкладення у запаси матеріалів.

Вкладення в устаткування розраховують за формулою:

$$K_0 = K_{\text{т}} + K_{\text{е}} + K_{\text{уп}} \quad (8.2)$$

де K_0 – капітальні вкладення у необхідне устаткування;

$K_{\text{т}}$ – капітальні вкладення у необхідне технологічне устаткування;

$K_{\text{е}}$ – капітальні вкладення в енергоустаткування;

$K_{\text{уп}}$ – капітальні вкладення у засоби контролю та управління.

Розрахунок капітальних вкладень в устаткування плавильного відділення наведено у табл. 8.1.

Вартість виробничого та господарського інвентарю приймаємо в розмірі 2% від вартості устаткування:

$$K_{\text{інв.}} = 1368785 \cdot 0,02 = 27\,380 \text{ грн.}$$

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						80
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.1 – Розрахунок капітальних вкладень для устаткування плавильного відділення

Найменування	Кількість, шт	Вартість за одиницю, грн	Загальна вартість, грн	Витрати на монтаж, грн	Всього, грн
1	2	3	4	5	6
Ливарна машина INDUTHERM VC-500 LCD	1	1 276 275	1 276 275	5000	1 281 275
Муфельна піч CHOЛ 64/1600	2	36 700	73 400	250	73 650
Вібровакуумна установка d-230	1	13860	13860	0	13 860
Всього:					1 368 785

Загальна вартість обігового фонду оснастки та інструменту в загальному вигляді визначається з розрахунку 2 грн. на одиницю придатного литва:

$$K_{\text{очн}} = 2 \cdot n_{\text{заг}}, \quad (8.3)$$

де, $K_{\text{очн}}$ – вартість обігового фонду оснастки та інструменту;

$n_{\text{заг}}$ – загальна кількість виливків на рік, шт.

Підставивши значення у формулу (8.3) отримаємо:

$$K_{\text{очн}} = 2 \cdot 110\,000 = 220\,000 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення в запаси матеріалів розраховуємо за формулою:

$$K_{\text{м}} = \sum M_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad (8.4)$$

де, $K_{\text{м}}$ – капітальні вкладення в запаси матеріалів, грн.;

M_i – середня кількість запасів матеріалів і-го типу, кг;

C_i – оптова ціна матеріалу і-го типу, грн;

K_i – коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати на придбання матеріалу і-го типу.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						81
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Вартість коштовних металів визначається на момент оцінки по цінам світового ринку.

Вартість банківських металів 999.9 проби за даними Юнекс банку ДО №1 28.11. 2018 р. становить за грам:

- для золота – 1163 грн;
- для срібла – 13,5 грн.

Виходячи із річної програми при загальній масі коштовних металів: Au – 90 кг, Ag – 210 кг. Річна їх вартість становить:

- для золота – $1163 \cdot 90 \cdot 1000 = 104\,670\,000$ грн;
- для срібла – $13,5 \cdot 210 \cdot 1000 = 2\,835\,000$ грн.

Вартість сплавів на основі міді:

- бронза БрКМц – 300 грн/кг,
- латуні ЛЦ16К4 – 160 грн/кг.

Загальна маса сплавів на основі міді на річну програму становить 680 кг, з яких половина йде на лиття латуні, а інша половина для бронзи, тобто по 340 кг.

Тоді річна вартість витрати матеріалу становить:

- для БрКМц – $340 \cdot 300 = 130\,000$ грн;
- для ЛЦ16К4 – $340 \cdot 160 = 54\,400$ грн.

Для виготовлення ливарних форм використовують витратні матеріали, а саме формо-маси різних марок та призначення. Продаж здійснюється у мішках по 22,7 кг (50 фунтів)

Обрані формомаси мають такі розцінки за 22,7 кг:

- GOLD STAR XL – 1940 грн/кг;
- CLASSIC – 600 грн/кг;
- SILK – 800 грн/кг;
- STONECAST – 700 грн/кг.

Розрахунок затрат на матеріали у дільницю плавлення занесено до табл. 8.2.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						82
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.2 – Затрати на матеріали плавильної дільниці

Найменування матеріалу	Кількість на річну програму, кг	Вартість, грн	Запас на складі (20 %), кг	Вартість запасу, грн
Для лиття сплавів на основі кошовних металів				
Ag (срібло)	210	2 835 000	42	567 000
Au (золото)	90	104 670 000	18	209 340
GOLD STAR XL	1 362	2 642 280	272,4	528 456
STONECAST	1362	953 400	272,4	190 680
Всього:		111 100 680		1 495 476
Для лиття сплавів на основі міді				
BrKMц	340	130 000	68	26 000
ЛЦ16K4	340	54 400	68	10 880
CLASSIC	2180	1 308 000	436	261 600
SILK	2180	1 744 000	436	348 800
Всього:		3 236 400		647 280

Загальна вартість матеріалів для лиття кошовних матеріалів із урахуванням запасу – 112 596 156 грн; для лиття сплавів на основі міді – 3 383 680 грн. Загальна сумарна вартість становить 115 979 836.

Капітальні вкладення для ливарного відділення проектного комплексу становлять:

$$K=1\,368\,785+220\,000+27\,380+115\,979\,836=117\,979\,836 \text{ грн.}$$

8.2 Визначення чисельності працівників та витрат на з/п

Чисельність працівників на виробничій ділянці плавильного відділення залежить від рівня завантаження відділення, кількості операцій, кваліфікації працівників та їх універсальності.

Плавильник виконує такі операції: виготовлення та прожарювання форм, підготовки шихтових матеріалів плавлення, заливання, та вибивання форм після лиття.

Для виконання всіх необхідних операцій при однозмінному режимі роботи у плавильному відділенні приймаємо 7 працівників.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						83
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати на заробітну плату робітників складаються з основної та відрахуванням на податки. Мінімальна заробітна плата станом на 2018 рік згідно Ст. 3 розділу 1 ЗУ про оплату праці становить 3723 грн/місяць.

Основний фонд заробітної плати за рік для відрядників за професіями і розрядами розраховується за формулою:

$$З = N \cdot \Phi \cdot C, \quad (8.5)$$

де N – число основних робітників даної професії та розряду, чол;

Φ – дійсний фонд часу роботи одного робітника за рік, год;

C – годинна тарифна ставка, грн.

Розрахунки заробітної плати (з/п) приведені в табл. 8.3.

Розмір премії приймаємо 25...30 % від фонду основної з/п.

Таблиця 8.3 – Розрахунки з/п плавильної ділянки

Назва вакансії	Розряд	Годинна ставка, год	Кількість працівників	Плановий фонд робочого часу, год	Фонд основної заробітної плати
Плавильник сплавів ЗлСрМ	4	65	2	1840	239 200
Плавильник кольорових сплавів	4	65	2	1840	239 200
Оператор термооброблення	3	60	2	1840	220 800
Оператор лянцюгов'язального автомату	3	60	1	1840	220 800
Разом			5		920 000

Розрахунок фондів заробітної плати управлінського персоналу наведено у таблиці 8.4.

Таблиця 8.4 – Розрахунок фондів заробітної плати та управлінського персоналу

Посада	Кількість осіб	Місячний оклад	Річний фонд заробітної плати
Начальник відділень	1	15 000	180 000
Бригадир ділянки	1	12 000	144 000
Разом	1		322 000

8.3 Визначення загальновиробничих витрат плавильно-заливально-вибивального відділення

Витрати на електроенергію визначаємо, виходячи із її вартості, що дорівнює 1,9 грн/кВт. Середня загальна витрата електроенергії на рік становить 144 000 кВт.

$$C_e = 144\,000 \cdot 1,9 = 273\,600 \text{ грн.}$$

Витрати на інертний газ (аргон) для ливарної машини розраховуємо виходячи з вартості газу – 8,75 грн/л.

$$C_{\text{пов.}} = 8,75 \cdot 1500 = 13\,125 \text{ грн.}$$

Вартість води визначаємо з розрахунку 8,4 грн. за 1 м³ та при використанні 0,25м³/год:

$$C_v = 8,4 \cdot 0,25 \cdot 1840 = 3\,864 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання, експлуатацію та ремонт устатковування приймаються в розмірі 10% від його балансової вартості:

$$P_{\text{утр.}} = 0,1 \cdot 1\,368\,785 \approx 136\,880 \text{ грн.}$$

Витрати на дослідження, експерименти та випробування приймаємо у розмірі 500 грн. на одного робітника:

$$P_{\text{досл.}} = 500 \cdot 20 = 1000 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування на оснастку та інвентар визначають згідно норм та складають 24 % від їх вартості:

$$A_{\text{інв.}} = 0,24 \cdot (27\,380 + 220\,000) = 80\,180 \text{ грн.}$$

Витрати на винахідництво і раціоналізацію приймаємо 250 грн. на одного працюючого:

$$P_{\text{рац.}} = 250 \cdot 20 = 5000 \text{ грн.}$$

Витрати на охорону праці та техніку безпеки визначають з розрахунку 350 грн. на одного працюючого:

$$P_{\text{о.п.}} = 350 \cdot 20 = 7000 \text{ грн.}$$

Інші невраховані витрати можна вважати рівними 1 % від загальної суми врахованих загальноновиробничих витрат по дільниці:

$$P_{\text{невр.}} = 0,01 \cdot 27\,380 = 270 \text{ грн.}$$

Сума амортизаційних відрахувань наведена у табл. 8.5.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		86

Таблиця 8.5 – Амортизаційні відрахування устаткування

Найменування	Кількість, шт	Вартість за одиницю, грн	Норма амортизаційних відрахувань, %	Амортизаційні відрахування на од. устаткування	Сума амортизаційних відрахувань, грн
Ливарна машина INDUTHERM VC- 500 LCD	1	1 276 275	15	191 440	191 440
Муфельна піч CHOЛ 64/1600	2	36 700	15	5 500	11 000
Вібровакуумна установка d-230	1	13860	15	2 080	4 160
Всього:					205 600

Загальновиробничі витрати по відділенню наведені в табл. 8.6.

Таблиця 8.6 – Загальновиробничі витрати по відділенню

Найменування статті витрат	Сума, грн
1. Заробітна плата робочих та іншого персоналу	1 242 000
2. Відрахування на соціальні заходи	55 000
3. Енергетичні затрати: – електроенергія; – витрати інертного газу; – вода	273 600 11 625 3 865
4. Витрати на експлуатацію устаткування та ремонт	155 000
5. Витрати на дослідження та ОП	7000
6. Амортизація: – устаткування; – оснащення та інвентарю	233 760 80 180
7. Канцелярські витрати	3500
8. Інші витрати	310
9. Всього	2 112 055

8.4 Розрахунок продуктивності праці

Розрахунок продуктивності праці проводимо за відношенням обсягів виробництва придатного литва за рік до загальної кількості персоналу дільниці:

$$\text{ПП} = Q/n, \quad (8.6)$$

де ПП – продуктивність праці, кг/особу;

Q – кількість придатного литва за рік, кг;

n – загальна чисельність персоналу у відділенні, осіб.

Підставивши значення у формулу (9.6), отримаємо:

– для лиття ювелірних виробів: $\text{ПП} = 300/7 = 43$ кг/особу;

– для художньо-сувенірного лиття: $\text{ПП} = 680/7 = 97$ кг/особу.

8.5 Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення

Для порівняння варіантів технічних рішень застосовуємо такі показники економічної ефективності:

– трудомісткість продукції:

$$t = \text{Ч}_{\text{осн}} \cdot \Phi_{\text{роб}}^{\text{пл}}/Q, \quad (8.7)$$

де t – трудомісткість продукції, нормо год/кг;

$\text{Ч}_{\text{осн}}$ – чисельність основних робітників, осіб;

$\Phi_{\text{роб}}^{\text{пл}}$ – плановий час роботи робітника за рік, год;

Q – плановий річний обсяг виробництва продукції, кг.

Підставивши значення у формулу (8.7), отримаємо:

– для лиття ювелірних виробів: $t = 7 \cdot 1840/280 = 46$ год/кг;

– для художньо-сувенірного лиття: $t = 7 \cdot 1840/660 = 20$ год/кг.

Період окупності визначається за формулою:

$$П_{ок} = (K_{заг} / ГП_p) < П_{ок}^H, \quad (8.8)$$

де $П_{ок}$ – період окупності капітальних вкладень, років;

$K_{заг}$ – капітальні витрати, грн;

$ГП_p$ – річна сума грошового потоку, грн;

$П_{ок}^H$ – нормативний період окупності (5...8 років).

Річна сума грошового потоку визначається за формулою:

$$ГП_p = 0,81 \cdot (Ц - C_{п}) \cdot Q + nA, \quad (8.9)$$

де $ГП_p$ – річна сума грошового потоку, грн;

0,81 – коефіцієнт частки чистого прибутку;

$Ц$ – ринкова ціна продукції, грн;

$C_{п}$ – повна собівартість продукції, грн;

Q – плановий річний обсяг виробництва продукції, кг;

nA – загальна річна сума амортизаційних відрахувань, грн.

Ринкова ціна продукції в середньому становить 200 000 грн /кг за даними аналогів-підприємств.

Розрахунок виробничих витрат на виготовлення одного кілограма продукції визначається за формулою:

$$B_{пр} = nN / Q, \quad (8.10)$$

де $B_{пр}$ – виробничі витрати, грн/кг;

nN – загальна кількість загальновиробничих витрат, грн;

Q – плановий річний обсяг виробництва продукції, кг,

$$Q = 300 + 680 = 980, \text{ кг.}$$

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						89
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставивши значення у формулу (9.10), отримаємо:

– витрати на заробітну плату: $1\,242\,000/980 = 1\,267$ грн/кг;

– витрати на електроенергію: $273\,600/980 = 280$ грн/кг;

– витрати інертного газу: $11\,625/980 = 12$ грн/кг;

– витрати на воду: $10\,080/980 \approx 10$ грн/кг;

– витрати на експлуатацію устаткування та ремонт:

$$155\,000/980 = 158 \text{ грн/кг};$$

– витрати на соціальні заходи: $55\,000/980 = 56$ грн/кг;

– витрати на метали та матеріали:

$$115\,979\,836/980 = 118\,346 \text{ грн/кг};$$

Загальна виробнича вартість на кг продукції становить:

$$1\,267 + 280 + 12 + 10,3 + 158 + 56 + 118\,346 = 120\,129 \text{ грн/кг}.$$

Витрати на реалізацію продукції, пробірну палату, маркетинг та інші невказані витрати обираємо 30 % від загальної суми виробничої собівартості на 1 кг продукції: $120\,129 \cdot 0,3 = 36\,038,7 \approx 36\,040$ грн/кг.

Витрати на модельні матеріали становлять $\approx 45\,000$ грн, тобто на кг продукції виходить $45\,000/980 = 46$ грн/кг.

Повна собівартість з буде становити:

$$C_{\pi} = 120\,129 + 36\,040 + 46 = 156\,215 \text{ грн/кг}.$$

Отже підставивши значення у формулу (9.9) отримаємо:

$$ГП_p = 0,81 \cdot (200\,000 - 156\,215) \cdot 980 + (233\,760 + 80\,180) = 35\,070\,473.$$

Підставивши значення у формулу (9.8) отримаємо:

$$П_{ок} = (117\,979\,836/35\,070\,473) = 3,36 \approx 3,4 \text{ роки}.$$

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						90
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

8.6 Кошторис витрат виготовлення виробу

Для виготовлення художнього виробу перелік матеріалів із відповідною вартістю занесено до табл. 9.4. На одну партію виготовляється 6 комплектів виробів.

Таблиця 8.7 – Кошторис витрат матеріалів

№	Стаття витрат	Кількість		Ціна, грн	Вартість, грн	
		на шт	на партію		на шт	на партію
	Постійні матеріали					
1	Силікон Еластолукс Pt33 (0,2 кг)	1	1	185	185	185
2	Модельний ніж	1	1	70	70	70
3	Коронка по мармуру	1	1	30	30	30
Всього					285	285
	Витратні матеріали					
1	Віск FREEMAN Flexible Blue (USA), 0,45 кг, кг	0,005	0,07	350	1,75	24,5
2	Формувальна суміш SRS SILK (22,7 кг)	0,75	1,5	35	26	52
3	Бронза БрКМц, кг	0,04	0,6	300	12	180
		0,04			12	
		0,02			6	
4	Мармурова підставка	1	6	100	100	100
Всього					154	357

Перелік використаного обладнання, що було залучено на етапах виготовлення художнього виробу занесено до табл. 8.8.

Таблиця 8.8 – Кошторис витрат на електро-обладнання

№	Обладнання	Час, год		Потужність, кВт	Вартість, грн	
		на шт	на партію		на шт	на партію
1.	Плавильна піч	0,3	0,3	1,5	0,7	0,7
2	Муфельна піч	1	1	6	13,5	13,5
3	Вакуумний насос	0,3	0,3	0,75	0,35	0,35
4	Двигун витяжної системи	0,2	0,2	5,5	1,1	1,1
5	Стабілізатор напруги	0,085	0,085	1,1	0,09	0,09
6	Електроплита	0,2	0,2	1,0	0,2	0,2
7	Інжектор воску	0,3	0,3	0,006	0,003	0,003
8	Паяльник	0,015	0,5	0,03	0,0005	0,015
Всього					16	16

Вартість певних видів робіт занесено до табл. 8.9.

Таблиця 8.9 – Кошторис виконання робіт

№	Вид робіт	Час, год		Вартість нормо-години, грн	Вартість, грн	
		на шт	на партію		на шт	на партію
1.	Заливання	0,3	1	65	20	65
2.	Напаювання восковок	0,2	1,2	40	8	48
3.	Оброблення восковок	0,5	3	40	20	120
4.	Інжекткування	0,1	0,6	40	4	24
5.	Формування	0,3	0,3	65	20	20
6.	Прожарювання	1,0	1,0	65	65	65
7.	Вибивання	0,03	0,03	65	2,2	2,2
8.	Механічне оброблення	1,0	6	40	40	240
9.	Полірування	0,5	3	40	20	120
10.	Нанесення покриття	0,5	0,5	40	20	20
11.	Збирання	1	6	40	40	240
Всього					260	965

Собівартість 1 виробу розраховуємо за формулою:

$$C = C_{\text{в.м}} + C_{\text{Е}}, \quad (8.11)$$

де C – собівартість 1 виробу, грн;

$C_{\text{в.м}}$ – вартість витратних матеріалів на шт, грн;

$C_{\text{Е}}$ – вартість за електроенергію на, грн;

Вартість електроенергії розраховується за формулою:

$$C_{\text{Е}} = P_{\text{п.п}} \cdot \tau \cdot 0,9 + P_{\text{м.п}} \cdot \tau \cdot 0,9, \quad (8.12)$$

де $C_{\text{Е}}$ - вартість за електроенергію, грн;

$P_{\text{п.п}}$ – потужність плавильної печі, кВт;

$P_{\text{м.п}}$ – потужність муфельної печі, кВт

τ – тривалість плавлення, год.

Собівартість на 1 виріб складає:

$$C = 154 + 16 = 170 \text{ грн.}$$

Перелік типових техніко-економічних показників наведено у табл. 8.10.

Таблиця 8.10 – Техніко-економічні показники

Найменування показників	Одиниця виміру	Спроектовані значення
Річний плановий обсяг виробництва продукції	кг	300/700
Загальна площа ливарного комплексу	м ²	980
Площа виробничих приміщень	м ²	404
Загальна чисельність працюючих	осіб	30
Капіталомісткість продукції	грн/кг	156 215
Період окупності	років	3,4

9. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

9.1 Розташування підприємства

Підприємство із випуску ливарної та штампованої продукції розміщено у м.Києві у промисловій будівлі із виїздом на проїзну частину.

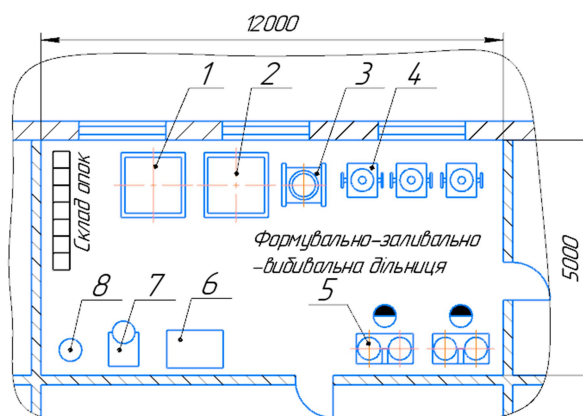
Розташування підприємства було спроектовано базуючись на:

- придатній рельєфній місцевості для даного типу виробництва;
- узгодженні із забудовниками житлових масивів.

Розрахунок основних показників проводимо для однієї ділянки підприємства – формувально-заливально-вибивальної ділянки.

Устаткування, що знаходиться у ділянці (рис. 9.1) наступне:

- вакуумна ливарна машина;
- 2 муфельні печі;
- індукційна вакуумна плавильна машина;
- 3 поворотні печі;
- вібро-стіл;
- парова мийка.



1, 2 – муфельні печі; 3 – індукційна вакуумна плавильна машина; 4 – поворотна піч; 5 – парова мийка; 6 – робочий стіл; 7 – умивальник; 8 – вогнегасник

Рисунок. 9.1 – Схема формувально-заливально-вибивальної ділянки

За допустимою кількістю поверхів та площі поверху будівлі категорія

Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ

будівлі В та ступінь вогнестійкості будівлі II, III [29].

Небезпека, що може виникати при використанні даного устаткування наступна:

- опіки від гарячих опок, випромінювання температури від муфельних печей;
- ураження електричним струмом (описано у п. 9.8).

Проти механічних пошкоджень передбачено захисні корпуси плавильних машин, включення режимів плавлення лише при наявності закритої кришки, відключення машини при наявності параметрів, які не відповідають технологічному процесу. Такі відділення, як шихтове, формувальне та стрижневе в проекті даного підприємства не передбачено, оскільки при обраному способі лиття (лиття за моделями, що витоплюються) та малій серійності виробництва в таких відділеннях немає необхідності.

9.2 Проходи

Число дверей та воріт виконано згідно вимогами пожежної безпеки та наявності необхідних евакуаційних виходів, а також легкому доступу робітникам будь-якого місця цеху, а ворота виконані з урахуванням заїзду транспорту – довжина та висота 3 м. Двері виконані по довжині не менше 1,4 м та 2 м по висоті для зручного виходу персоналу та при необхідності транспортування устаткування по цеху.

Відстань від проходу до верстатів довжиною до 1,6 м приймаємо 1,0 м. Відстань між верстатами для зручної роботи приймаємо 0,75 м. Ширину пішохідних проходів приймаємо не менше 1,5 м [30].

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						95
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

9.3 Санітарно-побутові приміщення

На підприємстві розміщені душові, які знаходяться поруч із гардеробною кімнатою та обладнані відкритими кабінами 0,9x0,9 м, загородженими з трьох сторін. Перегородки виконані з вологостійких матеріалів висотою 1,8 м та відстанню від підлоги 0,2 м.

Умивальники розміщуються у кожному виробничому відділенні поблизу робочих місць, а також у санвузлах, гардеробних. Відстань між кранами умивальників повинна бути не менше 0,65 м, а ширина проходу між рядами умивальників – не менше 2,0 м.

Туалети передбачені на кожному поверсі [31]. Виробничі приміщення розташовуються на першому поверсі, а взагалі планується 2 поверхи. Також креслення виконується в даному випадку тільки першого поверху.

9.4 Медпункт

У адміністративній частині першого поверху приміщення знаходиться медпункт, площею 18 м².

9.5 Приміщення громадського харчування

На підприємстві передбачаються кімнати для прийняття їжі, оскільки передбачається для виробничих приміщень 25...30 працівників. Площа таких кімнат повинна бути не менше 12 м².

9.6 Вентиляція

Основною задачею вентиляції на виробничих ділянках є фільтрація забрудненого та нагрітого повітря – тобто забезпечення метеорологічних умов (температури, відносної вологості та швидкості руху повітря), що відповідають

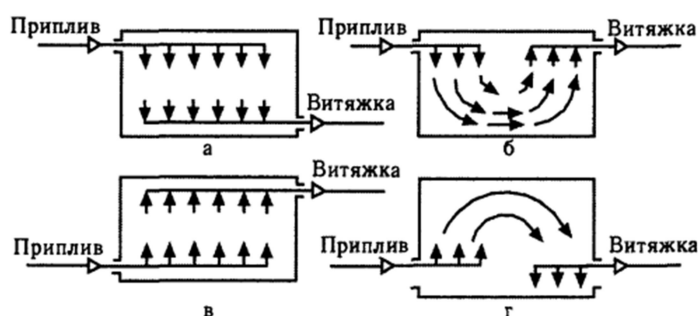
					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		96

нормативним вимогам, а також виключити можливість вмісту в повітрі шкідливих речовин, які перевищують ГДК [31].

Найбільш сприятливими умовами праці будуть наступні:

– у холодний період:

- 1) оптимальна температура 22...24 °С;
- 2) допустима верхня межа 25 °С, нижня межа 18 °С;
- 3) відносна вологість 40...60 %;
- 4) швидкість руху повітря не більше 0,1 м/с [31].у теплий період:



а – зверху вниз; б – зверху вверх; в – знизу вверх; г – знизу вниз

Рисунок 9.2 – Схеми повітрообміну загальнообмінної вентиляції

Схема вентиляції, що застосовується – зверху верх. Видалення забрудненого повітря здійснюється у верхній зоні.

У виробничих відділеннях та дільницях використовуємо штучну (механічну вентиляцію), що дає можливість вловлювати шкідливі речовини біля місць їх утворення, обробляти припливне повітря. При механічній вентиляції повітрообмін досягається за рахунок різниці тисків.

За напрямом потоку повітря обираємо припливно-витяжну вентиляцію, що забезпечує якісне очищення повітря.

У формувальньо-заливально-вибивальній дільниці у холодну пору року використовують рециркуляцію повітря, де кількість чистого зовнішнього повітря, що надійшло, повинно складати не менше 10 % загальної кількості повітря, яке подається в приміщення.

Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ

Лист

97

Для підігріву повітря в системах вентиляції, кондиціонування та повітряного опалення використовують калорифери у яких теплоносієм є пара або вода.

Біля робочих місць встановлено місцеву витяжну вентиляцію, що вловлює шкідливі речовини біля місця їх появи, а саме витяжний зонт, який розміщено над місцем плавильника для видалення пилю, парів та газу [31].

Кількість тепла, що втрачається будівельною конструкцією Q_k , залежить від різниці температур та розраховується за формулою [31]:

$$Q_k = k \cdot F_k \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot 4,184, \quad (9.1)$$

де Q_k – кількість тепла, що втрачається будівлею, кДж/год.

k – коефіцієнт теплопередачі конструкції огорожі, кДж/год·м²·°С;

F_k – поверхня огорожувальної конструкції;

$t_{\text{вн}}$ – температура (внутрішня) повітря в приміщенні, °С;

$t_{\text{зовн}}$ – температура (зовнішня) повітря в приміщенні, °С.

Площа спроектованих приміщень та відділень складає 575 м².

Зовнішня температура для м.Києва – (-10) °С.

Підставивши значення у формулу (9.1), отримаємо:

$$Q_k = 0,97 \cdot 575 \cdot (23 - (-10)) \cdot 4,184 = 77010 \text{ кДж/год.}$$

Обираємо центральну водяну систему опалення низького тиску.

9.7 Виробниче освітлення

У відділені плавлення та заливання передбачено природне бокове одностороннє та штучне загальне освітлення, яке регламентується державними будівельними нормами, а саме ДБН В.2.5-28-2006.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						98
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

За ДБН В.2.5-28-2006 ливарний комплекс відносимо до 7 розряду зорової роботи з використанням загального освітлення. Найменший розмір об'єкта розрізнення більше 5 мм. Освітленість при штучному загальному освітленні складає 300 лк, а при природньому – 1,5% (КПО).

При аварійному режимі освітленість становить не менше 5% від основної освітленості, але не менше 2 лк всередині будівлі.

У якості джерела світла використовуємо промислові газорозрядні лампи високого тиску, а саме світильниками з глибокою кривою сили світла при рекомендованому відношенні L/h відстані між сусідніми світильниками до їх висоти 0,7 [31].

Висота встановлення світильників повинна бути не менше 4 м.

Проводку обираємо залежно від характеристики середовища в приміщенні: закриту проводку АППВ і АПН в будівельних конструкціях під штукатуркою .

Для розрахунку освітленості використовуємо метод світлового потоку, основним рівнянням якого є наступна формула [24]:

$$\Phi_{\text{л}} = ESK_3Z/Nn\eta, \quad (9.2)$$

де $\Phi_{\text{л}}$ – світловий потік лампи світильника, лк;

E – нормова освітленість, лк;

S – площа приміщення, що освітлюється, м^2 ;

K_3 – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення;

N – кількість світильників;

n – кількість ламп у світильнику;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Нормована освітленість за ДБН В.2.5-28-2006 становить 300 лк. Площа плавильного відділення: 60 м^2 .

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						99
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

K_3 для люмінесцентних ламп ливарного цеху становить 1,8.

Z для ламп у відділенні буде становити 1,1.

Кількість ламп у світильнику: 2 шт.

Коефіцієнт використання світлового потоку визначаємо залежно від показника приміщення, що розраховується за формулою [31]:

$$i = ab/h(a+b), \quad (9.3)$$

де i – показник приміщення;

a і b – довжина та ширина приміщення, м;

h – висота світильника над робочою поверхнею, м.

Висота світильника над підлогою приймаємо 3,5 м.

Підставивши значення у формулу отримаємо:

$$i = 10 \cdot 6 / 2,5 \cdot (12 + 6) = 1,3.$$

При $i = 1,25$ (для $i=1,3$ немає), $\rho_{\text{стелі}} = 70 \%$, $\rho_{\text{стіни}} = 50 \%$ для світильника ЛПО0-1 коефіцієнт використання $\eta = 51 \%$ (табл. 3.26 [31]).

Визначаємо необхідну кількість світильників при використанні ламп ЛБ 40-2 (світловий потік однієї лампи $\Phi_{\text{л}} = 2800$ лм, потужність – 40 Вт):

$$N = \frac{E S K_3 Z}{\Phi_{\text{л}} \eta} = 300 \cdot 60 \cdot 1,8 \cdot 1,1 / 2800 \cdot 2 \cdot 0,51 = 12,48 \text{ шт.}$$

Приймаємо для формувально-заливально-вибивальної ділянки кількість світильників $N = 12$ шт.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						100
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

9.8 Електробезпека

Ураження електричним струмом можуть спричинити такі фактори:

- невідповідність електрообладнання, засобів захисту і приладів вимогам безпеки;
- невиконання технічних заходів безпеки;
- тривала підвищена вологість повітря;
- оголені проводи;
- підлога, яка проводить струм;
- висока температура повітря протягом тривалого часу.

Безпечне використання при нормальному режимі роботи електроустановок забезпечується наступними захисними заходами: застосування надійної ізоляції струмопровідних частин, захисне заземлення і використання електро-захисних засобів [31].

Для захисного заземлення обираємо систему IT (рис. 9.3).

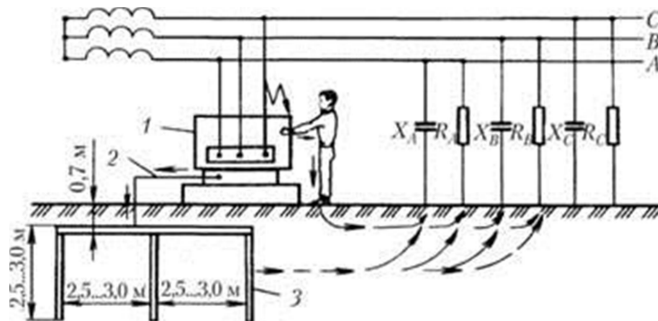


Рис. 9.3 – Схема захисного заземлення системи IT [31]

Захисна дія заземлюваного пристрою заснована на зниженні до безпечної величини струму, що проходить через людину в момент торкання пошкодженої електроустановки. При попаданні напруги на корпус електроустановки людина, торкнувшись її та маючи хороший контакт із землею, замикає собою електричний ланцюг: фаза Z - корпус електроустановки, 1 - людина - земля - ємнісні X_A , X_B) і активні R_A , R_B опору зв'язку проводів із землею, фази A і B. Незважаючи на те що електричні дроти мережі встановлені на ізольованих

опорах, між ними і землею існує електричний зв'язок. Він виникає за рахунок недосконалості ізоляції проводів та опору і наявності ємності між проводами, і землею. При великій протяжності проводів цей зв'язок стає значним, а його активне R і ємнісне X опору знижуються і стають порівнянними з опором тіла людини [31].

Захисне заземлення виконує функцію перетворення замикання на корпус на замикання на землю з метою зниження напруги дотику та напруги кроку до безпечних величин [31].

9.9 Шум та вібрація

У плавильно-зальвально-вибивальній дільниці все устаткування не спричиняє надлишкового шуму та вібрації, а саме не вище 80 дБ, тому заходи із зниження шуму та вібрації не виконуємо.

Джерелами шуму на цій дільниці є промислова витяжка та плавильна піч. Шум від витяжки є короткочасним.

9.10 Надзвичайні ситуації

Стихійні лиха поділяють на такі, як:

- літосферні (землетрус, зсув, селі);
- гідросферні (повені, снігові лавини, шторми);
- атмосферні (урагани, зливи, ожеледі та блискавки).

Основними характеристиками землетрусів є: глибина осередку, магнітуда та інтенсивність енергії на поверхні землі. Глибина осередку землетрусу зазвичай перебуває в межах від 10 до 30 км.

Якщо відчувається здригання ґрунту чи будинку, слід реагувати негайно, пам'ятаючи, що найбільш небезпечними є падаючі предмети; перебуваючи у приміщенні, слід негайно зайняти безпечне місце. Такими місцями є отвори капітальних внутрішніх стін (наприклад, відчинити двері з квартири), кути,

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						102
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

утворені ними, місце під ліжком чи столом.

Слід пам'ятати, що найчастіше завалюються зовнішні стіни будинків. Необхідно триматися подалі від вікон та важких предметів, які можуть перекинутися чи зрушити з місця.

Рекомендації щодо правил поведінки при землетрусі:

- не слід вибігати з будинку, оскільки є небезпечними падаючі уламки. Безпечніше перечекати поштовх там, де він вас застав, і, лише дочекавшись його закінчення, перейти у безпечне місце.

- перебуваючи всередині багатоповерхового будинку, не поспішайте до ліфтів чи сходів. Сходові прольоти та ліфти часто обвалюються під час землетрусу;

- після припинення поштовхів потрібно терміново вийти на вулицю, відійти від будівель на відкрите місце, щоб уникнути ударів уламків;

- опинившись у завалі, слід спокійно оцінити становище, надати собі першу допомогу, якщо вона потрібна. Необхідно надати допомогу тим, хто її потребує. Важливо подбати про встановлення зв'язку з тими, хто перебуває зовні завалу (голосом, стуком)[31].

Зсуви можуть виникнути на всіх схилах з нахилом в 20° і більше в будь-яку пору року. За швидкістю зміщення порід зсуви поділяють на:

- повільні;
- середні;
- швидкі.

Повені небезпечні своєю раптовістю, інтенсивністю, висотою хвилі та високим підйомом води. Наслідки повеней на виробництві можуть бути наступні:

- затоплення шаром води значної площі землі;
- ушкодження та руйнування будівлі;
- руйнування обладнання та комунікацій, меліоративних систем;
- загибель людей.

Деякі рекомендації щодо правил поведінки при повені:

- отримавши попередження про затоплення, необхідно терміново вийти в безпечне місце – на височину (попередньо відключивши воду, газ, електроприлади);
- якщо повінь розвивається повільно, необхідно перенести майно в безпечне місце, а самому зайняти верхні поверхи (горища), дахи будівель;
- для того щоб залишити місця затоплення, можна скористатися човнами, катерами та всім тим, що здатне утримати людину на воді;
- коли людина опинилася у воді, їй необхідно скинути важкий одяг та взуття, скористатись плаваючими поблизу засобами і чекати на допомогу.

При швидкості вітру 32 м/с виникає ураган, що може пошкодити або зруйнувати деякі конструкції будівлі, вибити вікна, створити пожежу, піднімати у повітря предмети [31].

Дії при урагані наступні:

- необхідно щільно зачинити двері, вікна;
- із дахів та балконів забрати предмети, які при падінні можуть травмувати людину; в будівлях необхідно триматися подалі від вікон, щоб не отримати травми від осколків розбитого скла;
- найбезпечнішими місцями під час урагану є підвали, сховища, метро та внутрішні приміщення перших поверхів цегляних будинків;
- коли ураган застав людину на відкритій місцевості, найкраще знайти укриття в западині (ямі, яру, канаві).

9.11 Пожежна безпека

Плавильно-заливально-вибивальна дільниця ливарного комплексу за вибухопожежною та пожежною небезпекою відноситься до категорії Г, оскільки наявні матеріали в гарячому та розплавленому стані, що супроводжуються виділенням променистого тепла та іскор.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						104
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Матеріали та речовини, що становлять небезпеку в даній ділянці такі: розжарені опоки, дрібнодисперсна формувальна суміш, розплавлений метал, гарячі гази, теплове випромінення та електропроводка із високим струмом.

Клас можливої пожежі D та E (метали та їх сплави і устаткування під напругою).

Виходячи із площі приміщення та даних табл. 8.22 [31], для захисту даної ділянки необхідно встановити 2 вуглекислотних або порошкових вогнегасників по 5 л. Остаточного приймаємо 2 вогнегасники типу ВВ5.

Дії при пожежі [31]:

- при пожежах треба остерігатися високої температури, задимленості і загазованості, вибухів, падіння дерев і будівель, провалів у прогорілий ґрунт;
- небезпечно входити в зону задимлення, якщо видимість менше 10 м;
- перед тим як увійти в палаюче приміщення, треба накритися вологим простирадлом, плащем, шматком тканини тощо;
- двері в задимлене приміщення треба відчиняти обережно, щоб запобігти спалаху полум'я від швидкого притоку свіжого повітря;
- в дуже задимленому приміщенні треба плазувати;
- для захисту від чадного газу треба дихати через вологу тканину;
- при загорянні одягу потрібно лягти на землю та збити полум'я;
- при гасінні пожежі необхідно використовувати вогнегасники, воду, пісок, землю, простирадла та інші засоби.

9.12 Вимоги безпеки для ливарника при НС

Вимоги безпеки для ливарника наступні при НС [2]:

- при появі аварійних ситуацій: появи диму, надмірного нагріву обладнання, сильної вібрації необхідно відключити верстат та довести до відома керівництво;
- взяти заходів до евакуації людей і порятунку матеріальних цінностей; одночасно з діями, зазначеними вище приступити до гасіння пожежі

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		105

своїми силами наявними засобами пожежогасіння;

- при ураженні людини електричним струмом необхідно швидко відключити електроустановку або дроти, яких торкається потерпілий

- якщо під час роботи стався нещасний випадок або аварія, необхідно надати першу допомогу потерпілому, викликати лікаря або вжити заходів для доставки його до медичного закладу.

Можлива НС може досягнути об'єктового рівня.

9.13 План евакуації

План евакуації зображено на рис. 9.4.

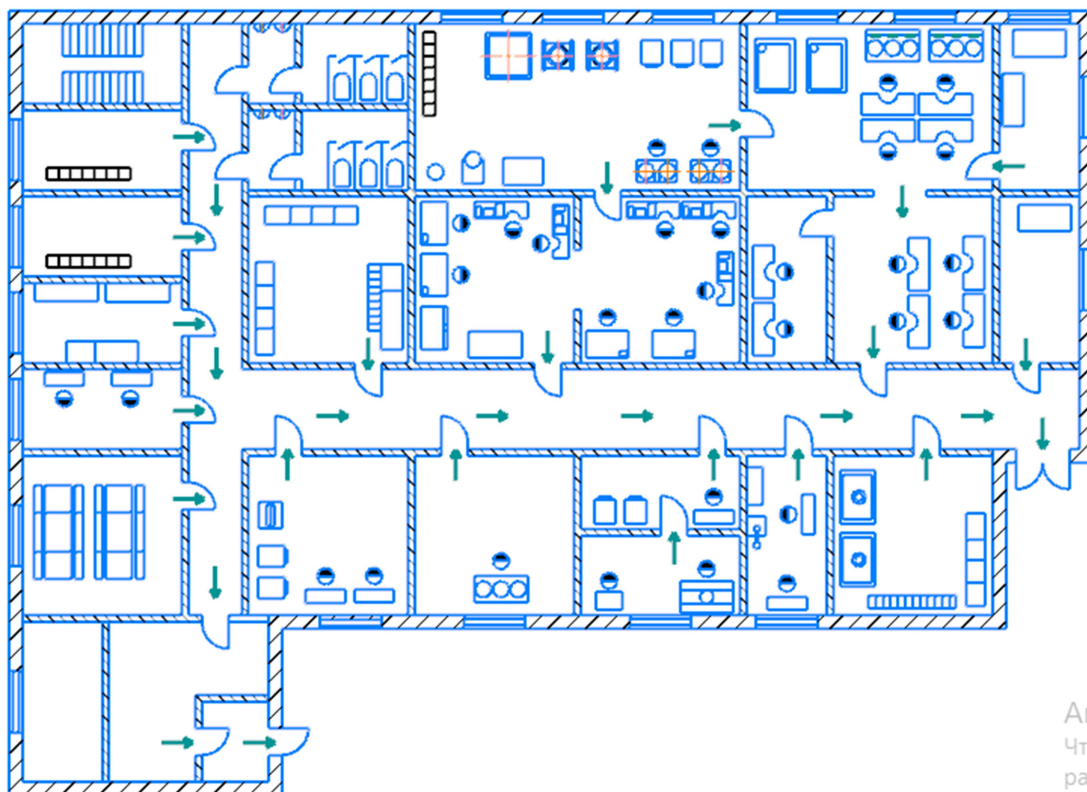


Рисунок 9.4 – План евакуації

На плані (рис. 9.4) зображено напрямок евакуації при надзвичайній ситуації.

Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ВИСНОВКИ

При виконанні магістерської дисертації було спроектовано відділення та дільниці підприємства із випуску художньої та ювелірної продукції. На кожне відділення підібрано відповідне устаткування.

Проведено аналіз номенклатури виробів на виробничу програму і розраховано річну кількість металу із урахуванням угару.

За розробленими технологіями виготовлено художній та ювелірний вироби при литті за моделями, що витоплюються при використанні таких проміжних етапів, як 3d-модельювання, прототипування і виготовлення еластичних форм.

Основною перевагою даної дисертації є можливість створювати литі художні та ювелірні вироби високої якості при малому відсотку браку.

Проведено калькуляцію собівартості виготовлення виробів та калькуляцію витрат на рік для організації роботи підприємства.

Також розраховано основні показники з охорони праці.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						107
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Эдхард Бреполь, Художественное эмалирование, – Машиностроение, 1986 р.– 56 с;
2. Луговой В.П., Технология ювелирного производства: навч. посібник – Минск: Новое знание; М. :ИНФРА_М, 2012. – 526 с.
3. 3D-принтеры Formlabs [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <http://www.3ddevice.com.ua>. – Назва з екрану. (20.11.2018);
4. 3D-принтеры Perfactory [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <http://3dtoday.ru>. – Назва з екрану. (22.11.2018);
5. Воскові інжектори [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <http://arian.kiev.ua>. – Назва з екрану. (22.11.2018);
6. Плавилисьні машини INDUTHERM [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <https://www.sapphire.ru>. – Назва з екрану. (22.11.2018);
7. Віб्रो-вакуумні столи [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <http://www.jasam.ru>. – Назва з екрану. (22.11.2018);
8. Формувальні суміші [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <http://jb.com.ua>. – Назва з екрану. (22.11.2018);
9. Муфельні печі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <https://tehnomya.uaprom.net>. – Назва з екрану. (23.11.2018);
10. Формувальні суміші [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <http://www.rundist.com>. – Назва з екрану. (24.11.2018);
11. Халилов И.Х., Литье с камнями, – МАХАЧКАЛА, 2003 р. – 177 с.
12. Гідравлічні преси [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <http://vtk.com.ua>. – Назва з екрану. (24.11.2018);
13. Ланцюгов'язальні верстати [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <http://www.fasti.it/ru> – Назва з екрану. (24.11.2018);

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
						108
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

14. Соляна ванна CBC [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <http://www.rundist.com> – Назва з екрану. (24.11.2018);
15. Електромагнітні галтовки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <http://ag-tools.ru> – Назва з екрану. (24.11.2018);
16. Вібро-галтувальні барабани [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <http://sjt-k.ru> – Назва з екрану. (25.11.2018);
17. Парові мийки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <https://polystar.com.ua> – Назва з екрану. (25.11.2018);
18. Муфельні печі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <https://www.jeweler-tool.com> – Назва з екрану. (25.11.2018);
19. Гальванічні установки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <http://www.juvin.ru> – Назва з екрану. (26.11.2018);
20. Оптичні профілометри [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <https://theseuslab.com.ua> – Назва з екрану. (26.11.2018);
21. Реактиви для опробування. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <http://silvery.com.ua> – Назва з екрану. (27.11.2018);
22. Телесов М.С., Ветров А.В. Лиття за моделями, що витоплюються. – ‘Изготовление и ремонт ювелирных изделий’ - Москва: Легпромбытиздат, 1986 -192 с.
23. Гальванічні покриття [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <http://blog.tep-nn.ru> – Назва з екрану. (27.11.2018);
24. Створення моделі перстня [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <http://3domen.com> – Назва з екрану. (28.11.2018);
25. 3D-моделювання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <http://klona.ua> – Назва з екрану. (28.11.2018);
26. Полімери для 3d-друку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <https://3dprinter.ua> – Назва з екрану. (28.11.2018);
27. Технічні силікони [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <https://elastoform.com.ua> – Назва з екрану. (01.12.2018);

28. Інструкція із експлуатації вакуумної машини для лиття під тиском INDUTHERM VC500-LCD;

29. В.М. Москальов, В.А. Батлук Охорона праці: Довідник. — Львів: "Магнолія 2006", 2011.- 438 с.

30. Є.П. Желібо, Н.М. Заверуха, В.В. Зацарний., Безпека життєдіяльності: Нач. посіб., Київ "Каравела" 2008 р., - 344 с.

31. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М. та ін. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник, - Львів, Афіша, 2000 р. - 352 с.

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		110

ДОДАТКИ

					ФЛ72мп.7205.1110.000 ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		111